This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

UC-NRLF
$B 276 536

Digitized by Google

REESE LIBRARY

OF THE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Received October 1882

Accessions No. 21207 *Shelf No.*

Digitized by Google

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
Received October 1882
Accessions No. 21207 Shelf No.

Digitized by Google

Digitized by Google

Explosives

REESE LIBRARY

OF THE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Received October 1882

Accessions No. 21207 Shelf No.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die explosiven Stoffe

ihre Geschichte, Fabrikation, Eigenschaften, Prüfung und praktische Anwendung

in der Sprengtechnik.

Mit einem Anhange, enthaltend:

Die Hilfsmittel der submarinen Sprengtechnik

(Torpedos und Seeminen).

Ein Handbuch

für Fabrikanten und Verschleißer explosiver Stoffe, Chemiker und Techniker, Berg-, Eisenbahn- und Bau-Ingenieure, Steinbruchs- und Bergwerksbesitzer, Forst- und Landwirthe, sowie für die Ingenieur-Officiere des Landheeres und der Marine und zum Selbststudium.

Nach den neuesten Erfahrungen bearbeitet von

Dr. Fr. Böckmann
technischer Chemiker.

Mit 31 Abbildungen.

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1880.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Digitized by Google

TP270
B7

21307

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Digitized by Google

A. I. La

REESE LIBRARY
OF THE

Vorwort.

Die letztverflossenen Jahre haben ganz gewaltige Aenderungen auf dem Gebiete der explosiven Stoffe und der Sprengtechnik im Gefolge gehabt. An Stelle des handwerksmäßigen Sprengens mit Pulver, wie es bis vor Kurzem betrieben wurde, ist nunmehr eine ganz neue und jetzt schon hoch entwickelte Wissenschaft der Sprengtechnik getreten. Dynamit Nr. 1, 2, 3 und 4, Cellulose-Dynamit, Spreng-Gelatine, Lithofracteur und (für die submarine Sprengtechnik) comprimirte Schießbaumwolle sind die herrschenden Sprengmittel der Gegenwart geworden.

Wenn demnach heute ein Buch über explosive Stoffe erscheint, so kann hierfür mehr als ein Grund der Rechtfertigung angegeben werden. Denn die neuesten literarischen Erzeugnisse auf diesem Gebiete, welche eine umfassende Beschreibung aller Explosivstoffe geben, sind schon mindestens fünf Jahre alt.

Ebenso hat die Theorie der explosiven Stoffe in der letzten Zeit große Fortschritte gemacht, wir nennen hier nur als handgreifliche Resultate die neue Eintheilung der explosiven Stoffe in direct und nicht direct explodirbare, sowie unsere vervollkommnete Kenntniß von den chemischen Vorgängen bei der Explosion des Schießpulvers.

In der Fabrikation der explosiven Stoffe sind vielfach ganz wesentliche Verbesserungen eingetreten, namentlich ist

Digitized by Google

hierher die Fabrikation der comprimirten Schießwolle und die des Sprengöls zu rechnen.

Angesichts solch' bedeutender, inzwischen vollzogener Umwälzungen auf dem Gebiete der explosiven Stoffe dürfte das Erscheinen eines neuen Werkes über diese interessanten Körper ohneweiters gerechtfertigt sein.

Verfasser hat mit sorgfältiger Auswahl das Beste über die Literatur der Explosivstoffe in den betreffenden Literaturnachweisen angegeben. Es dürfte somit dieses Werk auch von Werth für alle Diejenigen sein, welche sich über die neueste Literatur der Explosivstoffe überhaupt oder einzelner derselben unterrichten wollen.

Schließlich fühle ich mich verpflichtet, allen denjenigen Männern der Wissenschaft und Praxis, welche mich bei Abfassung dieses Werkes mit Beiträgen unterstützten, auch an dieser Stelle meinen freundlichen Dank auszusprechen. Namentlich gilt mein Dank den Herren Vorster & Grüneberg, Dr. Gerlach, Dr. Kurtz, Krebs & Comp., Wasserfuhr, Binsfeld, sämmtlich in Köln; J. Mahler in Wien; Sarg & Comp. zu Liesing bei Wien; Mechaniker Bornhardt in Braunschweig. Herrn Dr. Krause, Herausgeber der »Chemiker-Zeitung« in Cöthen, bin ich außerdem noch zu besonderem Danke verpflichtet für die freundliche Ueberlassung der bedeutenderen deutschen, französischen und englischen Zeitschriften, wodurch es mir möglich wurde, die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der Explosivstoffe bis einschließlich August 1879 zu berücksichtigen.

Dr. Fr. Böckmann.

Digitized by Google

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

Einleitung.

Compaß, Buchdruckerkunst und Schießpulver haben das Mittelalter gestürzt und eine neue, bessere Zeit herbeigeführt. Seitdem Flavio Gioja im Anfang des XIV. Jahrhunderts die wunderbare Eigenschaft der Magnetnadel, nach Norden zu zeigen, auf die Schifffahrt anwandte, wagten sich kühne Seefahrer auf das Weltmeer, Amerika und der Seeweg nach Ostindien wurden entdeckt. Und wie dort mit Hilfe des Compasses neue Welten gefunden wurden, nahm die Erfindung der Buchdruckerkunst den Schleier vom geistigen Auge der Menschheit und that sich auch hier eine neue Welt auf, deren Schätze köstlicher und unvergänglicher sind als der neu entdeckten Länder lauteres Gold, welches die spanischen Eroberer auf stolzen Flotten frohlockend entführten. Was immer vor Jahrhunderten Schönes und Edles Menschenherzen und Menschengeister bewegte, es geht nicht verloren im Meere der Zeit, die stumme Sprache der Lettern überliefert es auf die kommenden Geschlechter bis in die fernste Zukunft.

Dem Compaß und der Buchdruckerkunst, diesen Beglückern der Menschheit, und letzterer selbst, steht auf den ersten Blick das Schießpulver schier feindlich gegenüber. Wir denken an die Millionen blühender Menschenleben, welche die mörderische Kraft des Pulvers schon dahingerafft und

Digitized by Google

verstümmelt, an das Thränenmeer, welches die Gefallenen beweinte, an die grauenvolle Verwüstung, welche die zerstörenden Geschosse schon angerichtet an dem von Menschenhand mühsam Geschaffenen! Und dennoch ist das Schießpulver kein Feind, sondern vielmehr ein Freund und Wohlthäter der Menschen zu nennen. Ganz abgesehen von den großen Verdiensten des Schießpulvers als Sprengmittel, wurden mit seiner Hilfe die Kriege zwar blutiger, aber auch kürzer und menschlicher. Die Einführung der Feuerwaffen beschleunigte den Untergang des entarteten Ritterthums, an Stelle des eisengepanzerten ritterlichen Heerbannes trat ein geübtes, aus Söldnern bestehendes und mit Musketen bewaffnetes Fußvolk, und endlich ein stehendes Heer, welches der souveränen Fürstengewalt und damit geordneten Verhältnissen, unter denen allein Kunst und Wissenschaft, Handel und Wandel auf die Dauer gedeihen können, den Sieg verhalf über die jämmerlichen und lockeren Feudalzustände des Mittelalters. Der Nahkampf mit seinem grauenvollen Gemetzel wurde mit Vervollkommnung der Schießwaffen immer seltener, bis er aus den Kriegen unserer Tage so gut wie völlig verschwunden ist. Wahrlich, man braucht nicht zu Denjenigen zu gehören, welche in der etwaigen einstigen Beseitigung der Kriege die physische Entartung des Menschengeschlechtes erblicken, um einzusehen, daß das Schießpulver weit mehr der Menschheit *genützt* als *geschadet* hat.

Zu dem Schießpulver, welches bis vor wenigen Jahrzehnten souveräner Alleinherrscher auf seinem Gebiete war, sind in unserer Zeit eine Masse anderer explosiver Stoffe als Concurrenten getreten, Stoffe, die meist noch weit furchtbarer in ihrer Wirkung und gefährlicher und tückischer in ihrer Handhabung sind. Und doch würde Derjenige kurzsichtig genannt werden müssen, der wegen dieser furchtbaren

Digitized by Google

Eigenschaften das ganze Heer der neuen Explosivstoffe am liebsten auf ewige Zeiten verbannt sähe. Der erfindende Menschengeist wird auch hier nicht ruhen noch rasten, bis er die Riesenkräfte dieser Stoffe völlig gezähmt hat, so daß sie nur nach seinem Willen in ihrer furchtbaren Gewalt sich entfesseln. Schon heute aber wiegt der unendliche Nutzen, den uns diese explosiven Stoffe bei der durch ihre Anwendung gewaltig vervollkommneten Sprengtechnik in der Ersparung an Zeit, Geld und Arbeitskräften leisten, die Nachtheile reichlich auf, die mit ihrem Gebrauche verknüpft sind. Deshalb nicht »Wehe!« sondern »Heil!« den explosiven Stoffen! Sie sind mit dem Fortschritte unserer Tage so innig verbunden wie Dampfkraft und Elektricität.

Das gemeine Schwarzpulver ist trotz aller Concurrenz, welche ihm auf dem Gebiete der Sprengtechnik erwachsen ist, als Schießpulver noch unübertroffen und ohne wirkliche Rivalen. Nur es besitzt die nachhaltige, treibende Kraft, welche es zum Fortschleudern der Geschosse geeignet macht. Die heftige, sprengende Gewalt (Brisanz) der modernen Sprengstoffe kann es nimmermehr ersetzen.

Es ist deshalb nicht mehr als billig, daß wir mit dem Schießpulver, dem ältesten und auch jetzt noch weitaus wichtigsten Repräsentanten der explosiven Stoffe, die Besprechung letzterer eröffnen. Zuvor jedoch sei uns gestattet, eine kurze Erklärung des Wesens der explosiven Stoffe voranzuschicken.

Digitized by Google

Erster Theil.

Das Wesen der explosiven Stoffe.

Explosivkörper sind solche feste oder flüssige Stoffe, welche sich plötzlich in den gasförmigen Zustand versetzen lassen. Die hierbei entstehenden Gase verursachen eine Erschütterung und in Folge dessen eine wellenförmige Bewegung der Luft, die sich vom Erschütterungs-Mittelpunkte aus nach allen Richtungen gleichmäßig fortpflanzt und die, falls sie unser Ohr trifft, als Schallempfindung von uns wahrgenommen wird. Im Gegensatze zu den Wellenbewegungen, welche die sich regelmäßig wiederholenden Schwingungen tönender Körper hervorrufen, empfinden wir die durch rasche Verbrennung der Explosivstoffe verursachte plötzliche, gewaltige und unregelmäßige Lufterschütterung in unserem Gehörorgan als Explosion. Dieselbe wird also bewirkt durch die große Menge von Gasen, welche sich urplötzlich bei der Verbrennung des explosiven Stoffes aus letzterem entwickeln. Die nächste Frage daher, die sich uns nun aufdrängt, ist: »Wodurch ist diese plötzliche und bedeutende Gasentbindung ermöglicht?« Wir sehen ohneweiters ein, daß der Grund hiervon in der chemischen Beschaffenheit der Explosivstoffe zu suchen ist.

Digitized by Google

Was die chemische Zusammensetzung dieser großen Classe von Körpern anbelangt, so enthalten die meisten einen Sauerstoffträger, das heißt eine feste oder flüssige Substanz, die Sauerstoff locker gebunden enthält und denselben demgemäß auch leicht überträgt auf in der Explosivmischung enthaltene organische Stoffe. Alle organischen (das heißt kohlenstoffhaltigen) Körper sind mit Sauerstoff ungesättigte Verbindungen, vermögen also (in höherer Temperatur) sich mit Sauerstoff zu vereinigen und liefern dabei Kohlensäure, Wassergas und Stickstoff als Verbrennungsproducte, also drei gasförmige Körper. Die Kohlensäure hat sich hierbei aus dem Kohlenstoff, das Wassergas aus dem Wasserstoff der organischen Substanz gebildet, und nur der Stickstoff bleibt bei diesem Verbrennungsprocesse (in der Regel wenigstens) vermöge seines indifferenten chemischen Charakters unverbunden und wird als solcher aus der organischen Substanz entwickelt. Sehen wir uns einmal die Sauerstoffträger explosiver Stoffe etwas näher an, so finden wir als solche: beim Schießpulver den Salpeter, beim Chloratpulver das chlorsaure Kali, bei Sprengel's sauren Explosivstoffen die Salpetersäure u. s. w.

Als organische Bestandtheile von explosiven Mischungen werden wir kennen lernen verkohltes Holz (beim Schießpulver und den schießpulverähnlichen Explosivstoffen), flüssige und feste Kohlenwasserstoffe (wie Nitrobenzol und Pikrinsäure bei Sprengel's sauren Explosivstoffen) und außerdem ein ganzes Heer von organischen Abfallstoffen (wie Sägemehl, gebrauchte Gerberlohe u. s. w.).

Nicht immer jedoch muß ein Explosivstoff aus einem Sauerstoffträger und einem organischen Bestandtheil (das heißt also aus mindestens zwei Bestandtheilen) zu-

Digitized by Google

sammengesetzt sein. Gerade die am gewaltigsten wirkenden Explosivstoffe, Schießbaumwolle und Nitroglycerin, können für sich allein, ohne jede weitere Vermischung mit einem anderen Körper, zur heftigen Explosion gebracht werden. Wir folgern hieraus, daß die genannten beiden Stoffe jeder in sich Sauerstoffträger und organischen Bestandtheil zugleich vereinigt. In der That sind ja beide organische, aus organischem Rohmaterial (Baumwolle und Glycerin) gewonnene Stoffe; in beiden aber ist auch durch vorhergegangene Behandlung mit einem Sauerstoffträger (Salpetersäure) eine sauerstoffhaltige Verbindung (die Untersalpetersäure) eingeführt und chemisch mit der organischen Substanz verbunden worden. Schießbaumwolle und Nitroglycerin müssen deshalb auch im Stande sein, für sich allein zu explodiren. Es ist eine innere Selbstverbrennung, die beide Stoffe bei der Explosion erleiden. Allerdings ist die in der Schießbaumwolle für diese Selbstverbrennung vorhandene Sauerstoffmenge nicht ganz ausreichend, so daß noch etwa 9 Percent unverbrannter Kohlenstoff unter den Zersetzungsproducten (Kohlensäure, Wassergas und Stickstoff) sich finden. Wir sehen deshalb auch ein, weshalb man öfters die Schießbaumwolle noch mit Salpeter mengt. Es sollen eben durch diesen Zusatz eines Sauerstoffträgers die erwähnten 9 Percent Kohlenstoff noch verbrannt, das heißt also eine vollständigere Explosion erzielt werden. Beim Nitroglycerin dagegen ist ein solcher Zusatz überflüssig, denn es ist so mit Sauerstoff gesättigt, daß bei seiner Explosion neben Kohlensäure, Wassergas und Stickstoff noch über 3 Percent freier, das heißt also überschüssiger Sauerstoff in den Explosionsgasen vorhanden sind.

Einige wenige Explosivstoffe giebt es auch, deren Explosion nicht sowohl eine Verbrennung der explosiven

Digitized by Google

Substanz, als vielmehr ein (durch Wärme, Druck oder Stoß bewirktes) Auseinanderfallen der einzelnen Bestandtheile der Verbindung ist. Hierher sind Chlorstickstoff und Jodstickstoff (ersterer ein ölartiger, letzterer ein fester Körper) zu rechnen, zwei äußerst leicht und heftig explodirende Stoffe, die bei der Explosion einfach in ihre Bestandtheile zerfallen. Im Chlorstickstoff sind zwei Gase (Chlor und Stickstoff) auf künstlichem Wege gewissermaßen zusammengeschmiedet. Unter gewöhnlichen Verhältnissen haben beide genannten Gase kein Bestreben, sich mit einander zu vereinigen, und sie tragen demgemäß diese künstliche, vorübergehende Vereinigung nur gezwungen. Beide sind im Chlorstickstoff sozusagen stets auf dem Sprunge, den ihnen zukommenden gasförmigen Aggregatzustand wieder anzunehmen. Und der leiseste Impuls hierzu von außen (z. B. schon die Berührung des Chlorstickstoffes mit Phosphor und verschiedenen fetten Oelen) bewirkt die Zersetzung. Mit furchtbarem Knalle und Zerschmetterung selbst gußeiserner Gefäße erfolgt die Explosion, das heißt der Uebergang von Chlor und Stickstoff in ihren ursprünglichen Gaszustand.

Auch von den anderen Explosivstoffen können wir des besseren Verständnisses halber annehmen, daß sie in ihren Mischungen verdichtete Gase oder doch solche Bestandtheile enthalten, welche bei geringer Zufuhr von Wärme durch chemische Umsetzung sich in Gase verwandeln. So enthält in dem Schießpulver der Kalisalpeter Stickstoff und Sauerstoff an das feste Kali gebunden. Von diesen beiden Gasen hat der Sauerstoff bei Zufuhr von Wärme (beim Erhitzen, Nähern einer Flamme u. s. w.) ein äußerst starkes Bestreben, sich mit der im Schießpulver enthaltenen Holzkohle zu verbinden und Kohlensäure (also ebenfalls ein Gas) zu bilden. Dieses Vereinigungs-Bestreben ist bei genügender Erwär-

Digitized by Google

mung des Pulvers so stark, daß der Salpeter in seine Bestandtheile Kali, Stickstoff und Sauerstoff gespalten und aus letzterem und der Holzkohle Kohlensäure gebildet wird. Zugleich können wir der Einfachheit halber vorläufig annehmen, daß das Kali mit dem Schwefel des Schießpulvers sich zu Schwefelkalium verbindet und daß also Kohlensäure, Stickstoff und Schwefelkalium als Zersetzungsproducte bei der Explosion des Schießpulvers entstehen. Wir müssen weiter annehmen, daß gerade so wie aus dem Chlorstickstoff jeden Augenblick seine Bestandtheile Chlor und Stickstoff auf dem Sprunge stehen, unter Explosion sich als Gase zu verflüchtigen, auch im Schießpulver die in ihm enthaltenen Bestandtheile, Salpeter, Kohle und Schwefel nur des leisesten äußeren Anlasses harren, um sich unter Bildung von gasförmigen Explosionsproducten chemisch mit einander umzusetzen. — Ebenso verwandelt sich ein Flocken Schießbaumwolle, den wir in eine Gasflamme werfen oder in einem einseitig offenen Glasröhrchen (sogenanntes Probirröhrchen) gelinde erhitzen, plötzlich unter leisem, zischendem Geräusch in seine gasförmigen Zersetzungsproducte. Die einen Explosivstoffe haben ein größeres, die anderen ein geringeres Bestreben, sich theilweise oder völlig in Gase zu verwandeln; bei allen jedoch ist dieses Bestreben vorhanden, und je nach seiner sich äußernden Stärke unterscheiden wir leicht und schwer explodirbare Körper.

Wir können demnach eine Explosion auch bezeichnen als die plötzliche Auslösung jener Kraft,*) welche die kleinsten Theilchen von gasförmigen Substanzen, die ja unabläßig

*) Vergleiche Mohr: „Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft als Grundlage der Physik und Chemie". Braunschweig, 1869, S. 155.

Digitized by Google

streben, sich gegenseitig abzustoßen und sich gleichsam in unbeschränktem Maße im Raume zu zerstreuen, zusammenhielt oder comprimirte.

Die gewaltige treibende oder sprengende Wirkung, welche die Explosivstoffe äußern, ist uns nach dem Gesagten schon theilweise verständlich. Die aus einem kleinen Volumen des explosiven Stoffes urplötzlich entwickelte bedeutende Gasmenge ist es eben, welcher diese kolossale Kraftäußerung zunächst zuzuschreiben ist. Hierzu kommt aber noch, daß die gebildeten Explosionsgase (wie alle Gase überhaupt) sich für jeden Grad (Celsius) Temperaturerhöhung um $^1/_{273}$ ihres ganzen Rauminhaltes ausdehnen. 273 Liter Gas von Null Grad C. werden also, wenn auf 273 Grad C. erhitzt, gerade das doppelte ursprüngliche Volumen einnehmen. Noch weit beträchtlicher ist die Volumvermehrung der aus den explosiven Stoffen gebildeten Gase. Denn wir haben es hier mit Explosions-Temperaturen von mehreren tausend Graden zu thun. So liefert beispielsweise 1 Liter Nitroglycerin (Sprengöl) ungefähr 1300 Liter Gase (kalt gemessen), die aber, Dank der bei der Explosion herrschenden hohen Temperatur, auf das achtfache Volumen ausgedehnt werden. Demgemäß giebt 1 Liter Nitroglycerin bei seiner Explosion nicht weniger als 10.400 Liter Gase. Wir begreifen, daß Alles, was der unmittelbaren Wirkung eines so gewaltigen Gasdruckes ausgesetzt ist, unfehlbar der Vernichtung preisgegeben ist. Findet der explosive Stoff sich in der Ausdehnung seiner Explosionsgase nicht auf allen Seiten gehemmt, sondern giebt eine Stelle, wie dies beim Geschütz beispielsweise das Projectil thut, nach, so ist es klar, daß letzteres mit unwiderstehlicher Gewalt durch den Gasdruck aus dem Rohre gejagt wird.

Es mag hier schon erwähnt werden, daß man die

Digitized by Google

ganze große Classe der explosiven Stoffe in zwei Gruppen*) hinsichtlich ihrer Explodirbarkeit theilen kann, nämlich erstens in direct explodirbare und zweitens in indirect explodirbare. Zu der ersten Gruppe gehören das Schwarzpulver und die schwarzpulverartigen Gemenge, die leicht entzündbaren Nitrokörper, wie lose Nitrocellulose in ihren verschiedenen Formen (Schießbaumwolle, Schießholz, Schießpapier), ferner Nitrostärke, Nitromannit, Nitrozucker, Pikrinsäure und ihre Verbindungen. Zu der zweiten Gruppe sind zu zählen die schwerer entflammbaren Nitrokörper (gepreßte oder feuchte Schießbaumwolle; Nitroglycerin und die aus beiden dargestellten Präparate — Kieselguhr-Dynamit, Lithofracteur, Schießwoll-Dynamit u. s. w.)

Der charakteristische Unterschied dieser beiden Gruppen von Explosivstoffen liegt in der Verschiedenheit des Initial-Impulses, dessen sie zur Einleitung ihrer Explosion bedürfen. Bei der erstgenannten Gruppe kann die Explosion durch einen Funken, eine brennende Flamme oder einen glühenden Körper, kurz, durch Erhitzung eines Theiles des explosiven Stoffes bis zur Entzündungs-Temperatur unmittelbar bewirkt werden. Mit letzterer ist hier die Explosions-Temperatur identisch. Bei der zweiten Gruppe liegt die Explosions-Temperatur dagegen beträchtlich höher als die Entzündungs-Temperatur. Dies ist auch der Grund, weshalb wir z. B. Dynamit gefahrlos in einer Flamme verbrennen können, ohne Explosion befürchten zu müssen. Durch einfache Zündung können also die zur zweiten Gruppe gehörigen Explosivstoffe nicht oder doch nicht un-

*) Fil. Heß in Wien: „Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genieweſens", 1877, S. 379—396; Wagner's Jahresbericht 1877, S. 396.

Digitized by Google

mittelbar zur Explosion gebracht werden, indem sie hierdurch nur einfach abbrennen. Erst durch viel höhere directe Erhitzung bis zur Explosions-Temperatur oder durch einen mechanischen Impuls (Schlag, Stoß, Reibung) gelangen sie zur Detonation; vorausgesetzt, daß die aus dem mechanischen Impuls resultirende Erwärmung groß genug ist, um die Erhitzung eines Theiles des explosiven Stoffes bis zur Explosions-Temperatur zu bewirken. Nach diesen einleitenden Betrachtungen wenden wir uns nunmehr dem Schießpulver zu.

Digitized by Google

Das Schießpulver (gemeine Schwarzpulver).

Geschichte. Wann und von wem das Schießpulver erfunden wurde, läßt sich bei dem Mangel an sicheren Nachrichten hierüber nicht feststellen. So viel jedoch steht fest, daß weder Roger Baco im Jahre 1220 (wie die Engländer behaupten), noch der deutsche Mönch Berthold Schwarz, der wahrscheinlich gar nicht gelebt hat, im Jahre 1320 bei alchemistischen Versuchen das Schießpulver erfunden hat. Die Erfindung des Schießpulvers*) verliert sich vielmehr in eine Zeit, die wahrscheinlich unserer heutigen Zeitrechnung vorherging, und bestimmt nicht mit derjenigen zusammenfällt, in welcher das Schießpulver zuerst in Europa zum Kriegsgebrauche angewendet wurde.

Am meisten Wahrscheinlichkeit hat die Ansicht für sich, daß das Schießpulver in Ostasien (China oder Ostindien) erfunden worden sei. In diesen Ländern finden sich Salpeterlager und an vielen Stellen wittert der Salpeter aus der Erde dort heraus. Es ist also wohl gut denkbar, daß Chinesen und Indier schon früh die leichte Entzündbarkeit dieses Salpeters mittelst glühender Kohlen beobachtet haben, daß man späterhin, statt den Salpeter auf glühende Kohlen zu werfen, beide Bestandtheile vorher innig mit einander mischte, und daß man schließlich auf die Idee kam, dieser

*) Vergleiche hierüber die geschichtlichen Notizen in Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Dr. Stohmann und Prof. Kerl, welche Letzterer im IV. Band (2. Auflage), S. 1114—1118, über Schießpulver giebt.

Digitized by Google

Mischung den als höchst brennbar bekannten Schwefel als dritten Bestandtheil zuzufügen.

Nach in einem alten hindustanischen Gesetzbuch sich findenden Bemerkungen hat man die Erfindung des Schießpulvers auf das Zeitalter von Moses zurückführen wollen. — Nach einer Stelle des »Leben des Apollonius Tyrnäus« von Philostratus haben die zwischen dem Bey und Ganges wohnenden Völker das Schießpulver vielleicht schon zur Zeit Alexander's des Großen gekannt. Es wird nämlich in dieser Schrift der Abneigung Alexander's gegen einen Krieg mit diesen Völkern gedacht, »weil sie unter dem besonderen Schutz der Götter standen und daher im Stande waren, ihre Feinde von den Wällen herab mit Donner und Blitz zu vernichten«.

In den Schriften Vitruv's wird berichtet, daß im Jahre 212 v. Chr. beim Angriffe des Marcellus auf das von Archimedes so geschickt und hartnäckig vertheidigte Syrakus eine Kriegsmaschine des Archimedes »mit großem Geräusch« Steine fortschleuderte. Es läßt sich dies nur damit erklären, daß Archimedes schon eine dem Schießpulver sehr ähnliche Mischung als treibende Kraft angewendet habe; denn die sonstigen damaligen Wurfmaschinen schleuderten ihre Geschosse ohne lautes Geräusch fort.

Mit Schießpulver gefüllte Raketen sind seit undenklichen Zeiten schon den indischen Völkern bekannt gewesen.

Von mehreren Schriftstellern wird berichtet, daß die Chinesen bereits im I. Jahrhundert n. Chr. in Geschützen Schießpulver abbrannten. Allerdings stimmt damit wieder die Thatsache nicht recht, daß noch im Jahre 1621 der Kaiser von China über die Wirkung dreier ihm von der Stadt Macao geschenkten Geschütze im höchsten Grade erstaunt war.

Digitized by Google

Eine dem Schießpulver jedenfalls sehr ähnlich zusammengesetzte Mischung war das griechische Feuer, von dessen wunderbaren Wirkungen uns eine Menge Schriftsteller mehr oder weniger glaubwürdige Erzählungen überliefert haben. Welches seine Bestandtheile waren, läßt sich aus den verworrenen und sich vielfach widersprechenden Schilderungen nicht mit Sicherheit entnehmen. Doch hat man vielfach angenommen, daß das griechische Feuer aus Salpeter, Schwefel, Pech und Harz bestanden habe, welche Mischung mit brennbaren Oelen (Bergöl, Naphtha u. s. w.) zusammengeschmolzen wurde. Das griechische Feuer soll bei der Entladung zunächst einen dicken Rauch entwickelt haben, dem ein Knall und bald darauf die Flamme folgte. Auch finden sich Angaben, daß es zum Fortschleudern von Steinkugeln aus metallenen Röhren benutzt worden sei. Der Erfinder des griechischen Feuers soll Kallinikos aus Heliopolis (um 668 n. Chr.) gewesen sein.

Mit Erfolg wendete namentlich Kaiser Constantin IV. Pogonatus im Jahre 678 n. Chr. das griechische Feuer gegen die Araber an, die Constantinopel angriffen. Er verbrannte damit mehrere arabische Schiffe, da der Stoff die Eigenschaft besaß, auch unter Wasser fortzubrennen. Vierhundert Jahre lang blieb die Zusammensetzung und Bereitung des griechischen Feuers als streng bewahrtes Geheimniß im alleinigen Besitze der Byzantiner, bis es schließlich den Sarazenen verrathen und von denselben gegen die Christen in den Kreuzzügen angewendet wurde. Mit der praktischen Einführung des Schießpulvers im XIV. Jahrhundert mußte das griechische Feuer seinem weit vollkommeneren Rivalen weichen.

Aus der Mitte des VIII. Jahrhunderts existirt ein Buch von Marcus Graecus, welches sich »Liber ignium«

Digitized by Google

(das heißt »Das Buch der Feuer« oder dem Sinne nach übersetzt »Das Buch der entzündbaren Mischungen«) betitelt. Marcus Graecus giebt hierin eine Mischung an, die genau die Bestandtheile des Schießpulvers, nur in etwas abweichenden Gewichtsverhältnissen, enthält. Die entzündbare Mischung des Marcus Graecus enthielt nach seiner eigenen Angabe 1 Theil Schwefel, 2 Theile Kohle und 6 Theile Salpeter. Vergleichsweise sei hier die Zusammensetzung des Militärpulvers für das Deutsche Reich angegeben. Dieselbe ist: 1 Theil Schwefel, 1·6 Theil Kohle und 7·4 Theile Salpeter. Man sieht also, die Mischung von Marcus Graecus war eine unserem modernen Schießpulver höchst ähnliche. Marcus Graecus empfiehlt übrigens auch schon, für die Gewinnung der Pulverkohle Weidenholz zu verkohlen.

So viel geht aus all' dem Gesagten hervor, daß die Erfindung und Anwendung des Schießpulvers weit in das Alterthum, wahrscheinlich sogar in die vorchristliche Zeitrechnung zurückzuverlegen ist. Daß die Erfindung des Schießpulvers eine orientalische ist und daß letzteres vom Orient aus zu uns erst gelangte, läßt sich mit einem hohen Grade von Sicherheit aus der Thatsache schließen, daß diejenigen europäischen Länder, welche mit dem Oriente in Verkehr standen, es zuerst allgemeiner und vor den übrigen Staaten Europas anwendeten, so die Spanier bei der Belagerung von Gibraltar, so die Venetianer in ihren Kämpfen gegen Genua.

Die ersten absolut sicheren Nachrichten über das Schießpulver stammen aus dem letzten Viertel des XIII. Jahrhunderts. In der Bibliothek des Vaticans befindet sich aus dem Jahre 1294 eine Handschrift eines arabischen Schriftstellers, worin der Gebrauch des Schießpulvers bei

Digitized by Google

den Chinesen zu Raketen und zum Fortschleudern von Wurfgeschossen in einer Weise erwähnt wird, daß wir auf die Anwendung von Geschützen zu damaliger Zeit in China mit Sicherheit schließen können.

Roger Baco (1214—1292), ein englischer Dominicanermönch, erwähnt in seinen alchemistischen Schriften die sprengende Kraft des Schießpulvers und spricht von letzterem überhaupt als von einem wohlbekannten Stoff.

Zu Anfang des XIV. Jahrhunderts (nach einigen im Jahre 1308) wurden die Geschütze, zunächst im Belagerungskriege, zum ersten Male in Europa angewendet. Im Jahre 1338 finden wir schon Geld für Schießpulver von dem Kriegszahlmeister in Paris in den Rechnungen aufgeführt. In demselben Jahre sollen die Franzosen ihr Heer mit Feldgeschützen theilweise ausgerüstet haben.

In der zwischen Philipp VI. von Frankreich und Eduard III. von England geschlagenen Schlacht von Cressy (1346) kamen auf beiden Seiten schon Geschütze zur Anwendung.

Um die Mitte des XIV. Jahrhunderts wurden die Geschütze in einzelnen deutschen Armeen eingeführt. Zu Ende desselben Jahrhunderts existiren bereits vielfach in Deutschland Pulvermacher und Kanonengießereien. Erst zur Zeit des dreißigjährigen Krieges jedoch wurde das Schießpulver auch beim Bergbau in Deutschland statt der bisherigen Schlägel- und Schrämarbeit als Sprengpulver eingeführt.

Ursprünglich wurden die Bestandtheile des Schießpulvers mit der Hand zerkleinert, unter einander gemengt und das Schießpulver in Mehlform angewendet. Späterhin lernte man das Schießpulver körnen und in Stampfmühlen seine Bestandtheile zerkleinern und mit einander

Digitized by Google

vermengen. Die erste Stampfmühle*) wurde 1435 von Harscher in Nürnberg errichtet.

Die Bestandtheile des Schießpulvers.

1. Der Schwefel.

Geschichtliches. Der Schwefel ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt und als Heilmittel und zur Räucherung angewendet. Bereits zu Homer's Zeiten (also etwa 1000 Jahre v. Chr.) kannte man die desinficirende Eigenschaft des brennenden Schwefels (der schwefligen Säure).

„Alte, nun hole mir Schwefel und Feuer,
Von schädlichen Dünsten frei zu schwefeln den Saal"

läßt Homer**) Odysseus sagen, nachdem Letzterer die Freier seiner Gemahlin Penelope getödtet.

Im Mittelalter war der Schwefel ein Element, mit dem sich die Alchemisten mit besonderer Vorliebe beschäftigten. Wundersame Ansichten über die Natur des Schwefels hatte man noch im vorigen Jahrhundert, bis endlich der französische Chemiker Lavoisier nachwies, daß der Schwefel ein einfacher Körper, ein Element und nicht — wie bis dahin angenommen — aus mehreren Bestandtheilen zusammengesetzt sei.

Mit Recht hat man den Schwefel im Verein mit der Steinkohle, dem Steinsalz und dem Eisen als eine der Grundlagen der heutigen chemischen Industrie bezeichnet. Wenn er auch nicht mehr wie früher zur Schwefelsäure-

*) R. v. Wagner: „Handbuch der chemischen Technologie". 10. Aufl., S. 191.

**) Odyssee, 22. Gesang, Vers 481.

Digitized by Google

Fabrikation verwendet wird, seitdem ihm auf diesem Gebiete in den Schwefelkiesen mächtige Concurrenten entstanden sind, so ist doch nach wie vor sein Verbrauch zur Schießpulver-Fabrikation, zur Bereitung der Zündrequisiten, zum Schwefeln des Hopfens und Weines, zum Einpudern des Weinstockes, zur Fabrikation von Ultramarin, zum Vulcanisiren des Kautschuks u. s. w. ein höchst bedeutender, mit jedem Jahre sich steigernder.

Bis vor 40 Jahren war die gesammte europäische schwefelverbrauchende Industrie sozusagen ganz von dem sicilianischen Schwefel abhängig. Erst die damals erfolgenden Preissteigerungen des Schwefels bewirkten, daß man auch an anderen Orten (auf Corfu, in Spanien, Portugal, Aegypten, Californien) Schwefel aufsuchte und fand.

Man hat ausgerechnet, daß die großartigen Schwefelablagerungen in Sicilien*) binnen 50—60 Jahren vollkommen abgebaut seien. Wenn demgemäß unsere Blicke besorgt nach anderen ausgiebigen Quellen der Schwefelgewinnung sich wenden, so werden wir vor Allem Island mit seinen zahlreichen Vulcanen, deren Thätigkeit den schon überreichlich vorhandenen Schwefelvorrath**) dieser Insel alljährlich vermehrt, in's Auge zu fassen haben. Dann aber auch steht den verschiedenen Methoden, den Schwefel aus seinen Verbindungen, sowie aus den zahlreichen schwefelhaltigen Fabrikations-Rückständen verschiedener Industrien zu gewinnen, sicherlich eine große Zukunft bevor. Wir

*) „Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen" 1875, XXIII., S. 141; „Chem. Centralblatt" 1875, S. 447; Wagner's „Jahresbericht der chem. Technologie" 1875, S. 289.

**) Vergleiche C. Carter Blake „Sulphur in Iceland". London 1874. E. and F. N. Spon; auch Wagner's „Jahresbericht" 1874, S. 220.

Digitized by Google

werden auf diese, eben erst in ihrem Werden sich befindenden Methoden an geeigneter Stelle noch zurückkommen.

Vorkommen und Bildung des Schwefels. Der Schwefel kommt entweder gediegen oder in Form von Schwefelverbindungen (Schwefelmetallen und schwefelsauren Salzen) in der Natur vor. Von den Schwefelmetallen sind es namentlich der Eisenkies (mit 53·3 Percent Schwefel) und der Kupferkies (mit 34·9 Percent Schwefel), aus denen man durch Destillation, respective Rösten hin und wieder Schwefel gewinnt. In neuester Zeit hat man den ersten und, wie es scheint, erfolgreichen Schritt gethan, um aus den schwefelsauren Salzen Gyps und Schwerspath den Schwefelgehalt durch chemische Processe zu gewinnen. (Siehe weiter unten.) Vorläufig aber wird noch der weitaus überwiegende Theil des producirten Schwefels aus den natürlichen Schwefellagern gewonnen.

Es giebt wohl kaum ein Mineral, welches noch fortwährend unter so mannigfachen Umständen sich bildet wie der Schwefel. In vulcanischen Gegenden, wie z. B. Island, ist seine Bildung darauf zurückzuführen, daß die Krater der Vulcane gleichzeitig schweflige Säure und Schwefelwasserstoff aushauchen, unter welchen Umständen sich, wie die Chemie uns lehrt, Schwefel bilden muß. Den größten Theil des sicilianischen Schwefels denkt man sich dadurch entstanden, daß im Erdinnern befindlicher Schwefelkies einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt wurde. Der Schwefelkies verliert in solchem Falle gerade die Hälfte seines Schwefelgehaltes, und wir können uns alsdann weiter vorstellen, daß diese von der Zersetzung des Schwefelkieses stammenden und aus dem Erdinnern ausgetriebenen Schwefeldämpfe sich in noch nassem Schlamm auf der Erdoberfläche verdichteten. Mit dem Austrocknen dieses Schlammes

Digitized by Google

zu harter Erde ist der beigemengte Schwefel so fest mit der Erde verbunden worden, daß er aus letzterer nunmehr bergmännisch wiedergewonnen werden muß.

Als dritte Bildungsquelle des Schwefels haben wir die Zersetzung schwefelsaurer Salze (namentlich von Gyps) durch faulende organische Stoffe zu erwähnen. Auch aus schwefelwasserstoffhaltigen Quellen setzt sich — wie wir dies an den Quellen in Aachen beobachten können — durch Einwirkung der Luft Schwefel ab.

Die bedeutendsten Schwefellager der Welt sind diejenigen von Italien. Im continentalen Theile dieses Landes findet sich der Schwefel hauptsächlich in der Romagna, welche jährlich 120.000 Quintale Schwefel producirt. Das eigentliche Vaterland des Schwefels aber ist Sicilien, wo er als ein Product der Tertiärformation gebildet wurde und sich zwischen blätterigem Gyps und derbem Kalkstein, begleitet von bituminösem Mergel und Gyps, findet.

Die Schwefellager Siciliens*) lassen sich in zwei Classen theilen, nämlich Lager, die zu Tage treten (solfatare), und Lager, welche in der Tiefe liegen (solfare). Die letztgenannten sind die weitaus wichtigsten, weil sie nahezu

*) Ueber das Vorkommen und die Gewinnung des Schwefels in Sicilien belehren folgende vorzügliche und ausführliche Abhandlungen: Sull' estrazione dello solfo in Sicilia e sugli usi industriali del medesimo. Relazione dell' ingegnere Lorenzo Parodi al Ministro d'agricultura, industria e commercio. Firenze 1873, im Auszuge mitgetheilt von Dr. Angelo Barbaglia, Professor der Chemie am Instituto Tecnico zu Rom, im amtlichen Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Dritter Band, erste Abtheilung, S. 144—153; ferner G. vom Rath in der „Berg- und Hüttenmännischen Zeitung" 1874, S. 243, sowie E. Pirckhey in der „Berg- und Hüttenmännischen Zeitung" 1874, S. 343 und 351. Eine Aufzählung der gesammten Literatur über Schwefel findet sich in Schubarth's „Repertorium der techn. Literatur", S. 795.

Digitized by Google

die ganze Menge des im Handel vorkommenden Schwefels liefern.

Die Lagerstätten des sicilianischen Schwefels erstrecken sich über einen großen Länderstrich der Insel, welcher fast das ganze Gebiet der Provinzen Caltanisetta und Girgenti, sowie einen Theil der Provinz Catania umfaßt.

Die Zahl der Schwefelgruben Siciliens belief sich im Jahre 1872 auf mehr als 250 mit einer jährlichen Gesammtproduction von 1,861.700 metrischen Quintalen, welche einen Kostenaufwand von 2,472.935 Lire erforderte.*)

Die Schwefelerze Siciliens werden in drei Classen getheilt:

	Wirklicher Gehalt:	Ausbeute:
1. reichste Erze	30—40 Perc.	20—25 Perc.
2. reiche Erze	25—30 »	15—20 »
3. gewöhnliche Erze . .	20—25 »	10—15 »

Aufsuchung und Gewinnung des gediegenen Schwefels. Das Vorhandensein von Schwefel im Erdinnern läßt sich in der Regel leicht erkennen. Es findet sich nämlich stets in der äußersten Umgrenzung der Schwefelschichten ein körniges, weißliches Gestein, welches vorzugsweise aus Gyps besteht. Aus der Reinheit und Dicke, in welcher dieses (von den sicilianischen Bergleuten Briscale genannte) Gestein auf der Oberfläche erscheint, läßt sich der Reichthum und die Mächtigkeit des Schwefellagers im voraus annähernd abschätzen. Wo der Briscale zu Tage tritt, braucht man in der Regel nur seinem Gange zu folgen, um auf ein Schwefellager zu treffen.

Man geht nun zunächst daran, stark geneigte Stollen einzutreiben. Die Stollen folgen der Richtung und der

*) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung von 1873. Band 3, Abtheilung I, S. 145.

Digitized by Google

Neigung der Adern und Gänge und verzweigen sich besonders an den Stellen, wo das Schwefelmineral ausnehmend reich an Schwefel sich zeigt. Auf diese Weise entstehen eine Menge von Galerien, die vielfach ineinander laufen.

Das Schwefelerz wird mittelst eines schweren Hammers, von etwa 6 Kg. Gewicht, aus den Gängen ausgespalten und zerschlagen. Das Schießpulver findet nur sehr selten, wenn nämlich die Gangart aus dem härtesten Kalkstein besteht, Anwendung.

Die 14 bis 15 Millionen Quintale Schwefelerze, welche die 250 Solfaren Siciliens alljährlich fördern, werden fast ausschließlich durch Menschenkraft in Bewegung gesetzt. Der Transport der Erze in den Galerien und aufwärts nach der Mündung der Grube geschieht von Tausenden von Jungen im Alter von 8—10 Jahren, welche das Erz auf der Schulter oder auf dem Rücken tragen. An der Mündung der Schwefelgrube werden die Erze auf einen Haufen geworfen, um gemessen zu werden. Als Maßeinheit dient hierbei die Cassa, deren Rauminhalt in den verschiedenen Solfaren zwischen $2^1/_2$ und 5 Kbm. schwankt.

Das Ausbringen des Schwefels erfolgt in Sicilien fast ausschließlich durch Ausschmelzen, in der Romagna dagegen durch Destillation in dickwandigen, gußeisernen Retorten von birnförmiger Gestalt, von denen mehrere in einem gemeinsamen Canal liegen, der mit feuerfesten Steinen gewölbt ist. Zwei solcher Retorten liegen sich immer gegenüber, weshalb man auch diese Destillations-Apparate »Doppioni« nennt.

Das Ausschmelzen des Schwefels in Sicilien geschieht, indem man zunächst große runde Vertiefungen

von halbkreisförmigem oder halb ellyptischem Querschnitt (sogenannte Calcaroni) herstellt. Die Calcaroni haben einen Durchmesser von etwa 10 M. und eine Tiefe von $2^1/_2$ M. Man legt sie auf stark abfallendem Boden an, so daß man von außen eine Verbindung mit dem unteren Theile des Calcarone herstellen kann. Diese Oeffnung ist 1·20 M. hoch und 25 Cm. breit. Die Innenwand des Calcarone ist mit einer Gypsmauer und einer glatten für Schwefel undurchdringlichen Gypsdecke ausgekleidet.

Nunmehr wird der Boden zunächst mit einer Lage feingepulverter ausgebrannter Erze, die von früheren Operationen herrühren, bedeckt. Hierauf folgt eine Schicht größerer Erzstücke. Auf diese Unterlage wird nun das Erz aufgehäuft, wobei man die kleineren Stücke vorzugsweise an die Außenseite des Haufens setzt. Nachdem man die Vertiefung des Calcarone bis zum Rande gefüllt hat, schichtet man die Erze in der Weise auf, daß ein großer Hügel von der Gestalt eines abgestumpften Kegels entsteht, wobei man auch hier wieder die kleineren Erzstücke möglichst an dem Mantel des Kegels aufsetzt. Zugleich stellt man mit Hilfe größerer Erzstücke nahe am Kegelmantel senkrechte kaminröhrenartige Oeffnungen her, welche während des Brandes den Zug vermitteln. Auf den aufgebauten Haufen kommt zunächst eine Schicht feinsten Erzpulvers und auf diese eine Schicht ausgebrannter Erze.

Bevor man den Haufen anzündet, verschließt man die erwähnte Oeffnung nach außen durch eine Gypsmauer, in welcher man verschiedene kleine Löcher anbringt, die zum späteren Abstechen des ausgeschmolzenen Schwefels dienen. Während des Brandes verstopft man diese Löcher mit Thon.

Der Calcarone wird nun einfach dadurch angezündet, daß man schwefelgetränkte Strohbündel in die Zugröhren

Digitized by Google

wirft. Nach einer Stunde schließt man alle Oeffnungen des Ofens und überläßt letzteren sich selbst. Die beim Verbrennen eines Theiles des Schwefels entstehende Wärme dient dazu, den übrigen Schwefel zum Schmelzen zu bringen.

Nach etwa acht bis neun Tagen beginnen Dämpfe, die aus Wasser, Schwefel und schwefliger Säure bestehen, aus dem äußeren Mantel des Haufens auszutreten. Zugleich wird der Verschluß der äußeren Oeffnung immer wärmer, zuletzt glühend. Es sind dies die äußeren Anzeichen, daß man mit dem Ablassen und Gießen des Schwefels beginnen kann.

Mit einem spitzen Eisenstab durchbohrt man den Thonverschluß der äußeren Oeffnung und fängt den geschmolzenen Schwefel in befeuchteten Formen aus Pappelholz, welche die Gestalt von abgestumpften Pyramiden haben, auf. Man erhält so Brote von 50—60 Kg. Gewicht, welche ohneweiters in den Handel kommen. Das Ablassen des Schwefels nimmt man in einigen Gruben erst nach Beendigung des ganzen Brandes vor, in den meisten jedoch läßt man, so wie genügende Mengen von geschmolzenem Schwefel sich an dem Boden des Haufens angesammelt haben, alle 8—12 Stunden den jeweilig inzwischen geschmolzenen Schwefel abfließen.

Das Ausschmelzen*) dauert bei einem Rauminhalte des Calcarone

von	50—60	Cassa	30—35 Tage
»	200—250	»	50—60 »
«	400—500	»	80—90 »

*) Siehe den amtlichen Bericht der Wiener Weltausstellung, Band 3, Abtheilung I, S. 150 („Die Schwefel-Industrie Siciliens").

Digitized by Google

Auf den ersten Augenblick scheint uns dieses Verfahren der Schwefelgewinnung äußerst unrationell zu sein. Denn es wird ein Drittel, ja oft sogar zwei Fünftel des gesammten Schwefels bei diesem Processe verbrannt, um die zum Ausschmelzen des übrigen Schwefels nöthige Wärme zu liefern. Außerdem aber werden die mit dem Ausschmelzen betrauten Arbeiter, sowie die umwohnende Nachbarschaft durch die Massen entweichender ungesunder, zum Husten reizender Dämpfe in hohem Grade belästigt.

Man darf jedoch nicht vergessen, daß diese primitive Art des Betriebes eine nothwendige Folge der auf Sicilien gegebenen Verhältnisse ist. Die Wälder sind dort längst ausgerottet und die Steinkohle wird ausschließlich von England eingeführt. Die Kosten der Kohle*) stellen sich in den sicilianischen Häfen auf ungefähr 4 Franken für 100 Kg., welcher Betrag durch den Transport nach den Gruben meist auf 8 Franken steigt. Wird die Heizkraft des Schwefels zu $^1/_4$ jener der Kohle angenommen, so entsprechen 400 Kg. Schwefel 100 Kg. Kohle. 100 Kg. Schwefel im Erze sind aber höchstens auf 2 Franken zu veranschlagen. Man sieht also, daß für Gruben im Innern des Landes der Schwefel mindestens ein ebenso billiges Brennmaterial als die Kohle ist.

Der Werth von 100 Kg. Rohschwefel stellt sich an Ort und Stelle nach vor fünf Jahren angestellten Berechnungen**) auf 10 M. 50 Pf. Durch die neuen Eisen-

*) Nach brieflichen Mittheilungen des früheren sicilianischen Gruben-Directors Emil Stöhr in München an Dr. Gerlach in Köln (Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 230, S. 61).

**) „Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen" 1875, XXIII., S. 141; Wagner's Jahresbericht 1875, S. 289; „Chem. Centralblatt" 1875, S. 447.

Digitized by Google

bahnen, welche jetzt die Schwefelgruben mit den drei für den Export maßgebenden Häfen (Girgenti, Licata und Catania) verbinden, sind die Transportkosten von der Grube bis zum Schiffe beinahe auf die Hälfte gesunken. Im Jahre 1871 kosteten 100 Kg. Schwefel in einem der sicilianischen Häfen 19 M. 70 Pf. Gegenwärtig stellen sich 100 Kg. Schwefel bei einem Ausfuhrzoll von 1 M. 15 Pf. auf 18 M. 30 Pf. bis 19 M. 70 Pf. loco Marseille und 19 M. 70 Pf. bis 21 M. 20 Pf. loco Portsmouth.

Welche gewaltigen Mengen von Schwefel alljährlich aus Sicilien ausgeführt werden, mögen folgende Zahlen zeigen.

Es betrug der Total-Export Siciliens:*)

1853	1,800.000	Ctr.	1864	3,750.000	Ctr.
1854	2,100.000	»	1865	3,550.000	»
1855	2,000.000	»	1866	3,828.000	»
1856	2,500.000	»	1867	3,724.000	»
1857	2,400.000	»	1868	4,052.000	»
1858	3,000.000	»	1869	4,620.000	»
1859	2,900.000	»	1870	4,351.000	»
1860	2,500.000	»	1871	4,634.000	»
1861	2,800.000	»	1872	4,862.000	»
1862	3,200.000	»	1873	5,020.000	»
1863	3,500.000	»	1874	4,965.000	»

Die Schwefelproduction in Europa im Jahre 1875 sei vergleichsweise hier auch angeführt.

---

*) R. v. Wagner „Handbuch der chem. Technologie", 10. Aufl., S. 268.

Digitized by Google

Sie betrug für:

Italien	7,232.000	Ctr.
Spanien	80.000	»
Oesterreich	65.000	»
das Deutsche Reich	18.500	»
Belgien	9.000	»
Uebriges Europa .	7.000	»
	7,411.500	Ctr.

Der durch Ausschmelzen erhaltene sicilianische Rohschwefel ist noch mit Sand, kohliger Substanz und Kalkstein verunreinigt. Die unteren Partien der Brote enthalten oft bis zu 25 Percent fremder Körper.

Wir lassen hier die Zusammensetzung *) einiger Proben sicilianischen Rohschwefels folgen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Schwefel (in Schwefelkohlenstoff löslich)	90·1	96·2	91·3	90·0	88·7
Kohlige Substanz . . .	1·0	0·5	0·7	1·1	1·0
Schwefel (in Schwefelkohlenstoff unlöslich) . . .	2·0	—	1·5	2·1	1·7
Kieselsand	2·3	1·5	3·3	2.8	5·5
Kalkstein (bisweilen Cölestin)	4·1	1·8	2·5	3·0	2·8
Verlust	0·5	—	0·7	1·0	0·3

Für viele Zwecke (z. B. zur Schwefelsäure-Fabrikation und zum Bleichen) ist es nicht nöthig, diesen Rohschwefel zu reinigen, er kann vielmehr direct verwendet werden. Für viele andere Zwecke jedoch (z. B. bei der Anwendung

*) R. v. Wagner „Handbuch der chem. Technologie", S. 263; Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe" (bearbeitet von Dr. Stohmann und Prof. Kerl). 2. Aufl., Band 4, S. 1237.

Digitized by Google

zur Schießpulver-Fabrikation, als Heilmittel, zum Gebrauche in chemischen Laboratorien u. s. w.) ist es unbedingt nöthig, den Rohschwefel zuerst zu reinigen (raffiniren).

Die Raffination des Schwefels geschieht entweder durch ein bloßes Umschmelzen oder meistens durch Destillation, wobei man es durch geeignete Abkühlung der Condensationsräume ganz in der Gewalt hat, den Schwefel flüssig oder pulverförmig (als Schwefelblumen) zu erhalten.

Die Schwefelblumen sind für manche Zwecke (z. B. in der Heilkunde und zum Einpudern der Trauben) unentbehrlich. Sie sind aber unreiner als der Stangenschwefel. Denn bei ihrer Bereitung läßt sich der Zutritt von Luft zu den Condensationskammern nicht völlig vermeiden und bildet sich in Folge dessen eine geringe Menge schwefliger Säure und Schwefelsäure, wovon man die Schwefelblumen (bei ihrem medicinischen Gebrauch) durch wiederholtes Waschen mit reinem Wasser befreien muß. Außerdem kosten die Schwefelblumen weit mehr als Stangenschwefel, da man in derselben Zeit in demselben Apparat sechsmal mehr Stangenschwefel als Schwefelblumen erzeugen kann.

Die Anwendung von Schwefelblumen bei der Pulver-Fabrikation würde — abgesehen von allem anderen — in Folge des etwaigen Schwefelsäuregehaltes der Schwefelblumen die beständige Gefahr der Selbstentzündung in sich schließen.

Dagegen ist der durch Destillation des sicilianischen Rohschwefels erhaltene Stangenschwefel so vollständig raffinirt, daß er nahezu als chemisch rein betrachtet und ohne Bedenken bei der Pulver-Fabrikation angewendet werden kann.

Digitized by Google

Die Raffination des Schwefels wird an Ort und Stelle in Sicilien fast niemals vorgenommen. Nur zeitweise arbeiten zwei kleine Raffinerien in Catania und Porto Empedocle. Die überwiegende Menge des raffinirten Schwefels stammt aus etwa 30 großen Raffinerien, die sich in Marseille, Rouen und Paris befinden. Der eigentliche Platz aber für die Schwefel-Raffination ist Marseille.*)

Wir geben umstehend Beschreibung und Zeichnung von dem in Marseille gegenwärtig zur Raffination des Schwefels benutzten, von Michel construirten und von Lamy verbesserten Apparates.**) Der gußeiserne Cylinder B wird durch den darunter befindlichen Feuerraum erhitzt. Die Flamme umspielt den Cylinder und entweicht nebst den Verbrennungsgasen durch den Schornstein E, nachdem sie vorher durch die Züge C den Kessel D vorgewärmt hat. Der Schwefel wird in letztere gebracht, erfährt hier durch Ausschmelzen eine vorläufige Reinigung und fließt durch das Rohr F in den Cylinder B. Hier verdampft er und gelangt in die gewölbte, aus Backsteinen gebildete Schwefelkammer G. Am unteren Theile der Kammer ist in einer gußeisernen Platte ein rundes Loch, welches durch eine konische Stange H verschlossen oder geöffnet werden kann. Hat sich eine genügende Menge geschmolzenen Schwefels am Boden der Kammer angesammelt, so öffnet man H und

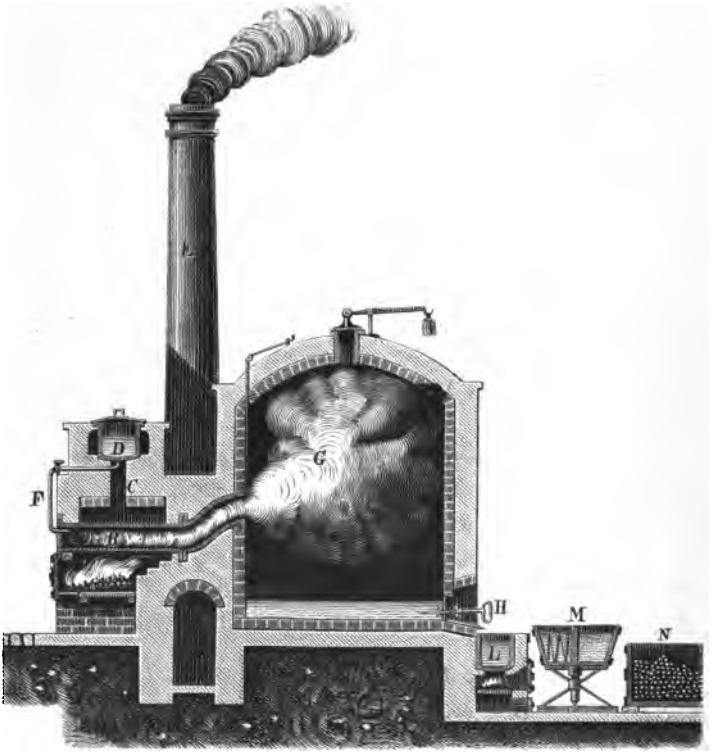
*) Eine genaue Schilderung des in Marseille, speciell in der Fabrik von A. Boude & Sohn in Marseille üblichen Verfahrens der Schwefel-Raffination findet sich in der Schrift: „Le soufre des Raffineries Marseillaises à l'Exposition universelle de Philadelphie. Par Fr. Boude, Marseille 1876." (Auch in englischer Uebersetzung erschienen.)

**) R. v. Wagner's „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 263.

Digitized by Google

läßt den Schwefel in den Keſſel L fließen, neben welchem ein Drehbottich M ſich befindet, in deſſen reihenweiſe aufgeſtellten befeuchteten Holzformen der Schwefel in Stangen-

Fig. 1.



form gebracht wird. In N werden die gegoſſenen Schwefelſtangen aufgeſpeichert.

Bevor wir nun zur Gewinnung des Schwefels aus ſeinen chemiſchen Verbindungen uns wenden, ſeien noch

Digitized by Google

zwei neuere Gewinnungsmethoden des gediegenen Schwefels mit Hilfe von Wasserdampf erwähnt.

Im Jahre 1868 stellte zuerst Thomas in Palermo Versuche*) im Großen an, den Schwefel durch gespannten Wasserdampf aus den Erzen auszuschmelzen. Die „Società privilegiata per la fusione dei solfi" mit dem Hauptsitz in Mailand hat dieses Verfahren**) an sich gebracht. Sie macht sich bezahlt durch eine Quote der erzielten Rohproducte, während der Rest dem Eigenthümer der Solfare verbleibt.

Man wendet Wasserdampf von 3—3·5 At. an. Täglich lassen sich 6—7 Schmelzungen ausführen, vorausgesetzt, daß man jedesmal zwei Tonnen in Behandlung nimmt. Aus einem Mineral von 22 Percent Schwefel erhält man durch Ausschmelzen mit Wasserdampf 21 Percent Schwefel, während die Schmelzarbeit im Calcarone nur 15 Percent liefert, durch welche Mehrausbeute die Arbeitskosten nahezu gedeckt werden. Ob indessen die Dampfschmelze den sicilianischen Calcarone-Betrieb dereinst verdrängen wird, läßt sich bei den schon erwähnten speciellen Verhältnissen auf Sicilien nicht voraussagen. Für sehr schwefelarme Erze scheint indessen die Dampfschmelze besonders geeignet zu sein.

Neuerdings hat Dr. Gerlach in Köln überhitzten Wasserdampf zur Gewinnung des Schwefels angewendet. Sein Verfahren***) besteht demgemäß nicht in einem Aus-

*) Amtlicher Bericht der Wiener Weltausstellung. Band 3, Abtheilung I, S. 152.

**) Dingler's „Polytechnisches Journal" 1878, Band 230, S. 62.

***) Dingler's „Polytechnisches Journal" 1878, Band 230, S. 61, sowie briefliche Mittheilungen von Dr. Gerlach an den Verfasser.

Digitized by Google

schmelzen oder Aussaigern, sondern in der Verflüchtigung und Destillation des Schwefels unter gleichzeitiger Anwendung von überhitztem Wasserdampf.

Die Erze oder schwefelhaltigen Massen werden bis zum Schmelzpunkt des Schwefels oder etwas höher in eisernen oder thönernen Retorten oder zweckmäßig construirten Oefen erwärmt und überhitzter Wasserdampf auf das heiße Erz geleitet. Die überhitzten Wasserdämpfe*) reißen die Schwefeldämpfe in die mit Wasser gefüllte Vorlage hinüber und verflüchtigen den Schwefel in kürzester Zeit.

Die zu entschwefelnde Masse wird in eine gußeiserne Retorte gebracht, welche vorne mit einem Verschluß versehen ist, nach Art der Gasretorten. Diese gußeiserne Retorte kann auch einen flachen Boden haben ⌓ und die zu entschwefelnde Masse kann dünn ausgebreitet auf über einander stehenden Herden von Eisenblech in die Retorte eingeschoben werden. Bei größerem Betriebe werden mehrere solcher Retorten in einen gemeinschaftlichen Ofen eingemauert, wie dies auch bei Gasretorten geschieht. Retorte und Ueberhitzungs-Apparat haben ein gemeinschaftliches Feuer. Der Wasserdampf wird aus einem Dampfkessel entnommen und so lange die Retorte noch nicht genügend heiß ist, bleibt der Hahn, welcher den Dampf in den Ueberhitzungs-Apparat führt, geschlossen, während der andere Hahn dem Dampf Austritt in das Freie gestattet. Bei genügender Hitze der Retorte wird der letzterwähnte

*) Ueber die Anwendung von überhitzten Wasserdämpfen in der Industrie siehe u. A. Ludwig Rambohr, Dingler's „Polytech. Journal" 1879, Band 232, S. 67 und „Chemiker-Zeitung" Jahrgang 3 (1879), S. 303; ferner „Chemiker-Zeitung" Jahrgang 3, S. 123 und 162.

Digitized by Google

Hahn geschlossen und der Dampf durch den Ueberhitzungs-Apparat in die Retorte geleitet.

Damit das schmiedeiserne Rohr zwischen dem Ueberhitzer und der Retorte durch die Flammen nicht leidet, ist dasselbe mit einem aufrecht stehenden gußeisernen Rohr umgeben.

Sofort beim Eintritt des überhitzten Wasserdampfes in die Retorte beginnt die Verflüchtigung des Schwefels.

Wasserdampf und geschmolzener Schwefel gelangen aus der Retorte durch das Gasleitungsrohr in die mit Wasser gefüllte Vorlage, welche mit einer verschließbaren Oeffnung zum späteren Ausschöpfen des Schwefelgerinsels versehen ist.

Die nicht condensirten Dämpfe und Gase gelangen in eine zweite Vorlage, welche mit einer Scheidewand versehen ist, damit das umherspritzende Wasser den Arbeiter nicht belästigt. Eine kleine Oeffnung im Deckel gestattet dem Dampf genügenden Austritt, während für Abfluß des condensirten Wassers durch Röhren gesorgt ist.

Gewinnung des Schwefels aus seinen chemischen Verbindungen und aus den schwefelhaltigen Fabrikations-Rückständen verschiedener Industrien. Zuweilen gewinnt man Schwefel aus den Schwefelmetallen Eisenkies und Kupferkies. Man erhitzt den Eisenkies in konischen Röhren aus feuerfestem Thon, welche geneigt über einer Feuerung liegen. Bei sehr starkem Erhitzen könnte man gerade die Hälfte des im Eisenkies enthaltenen Schwefels (das heißt 26·65 Percent Schwefel) abdestilliren. Man begnügt sich jedoch, um ein Schmelzen des Schwefeleisens und in Folge dessen ein Zerstören der Thonröhren zu vermeiden, nur 13—14 Percent Schwefel durch Erhitzen abzuscheiden. Die Thonröhren sind mit

Digitized by Google

thönernen, in Wasser führende Röhren verbunden. In dem Wasser schlägt sich der Schwefeldampf in fester Form nieder.

Durch Rösten von Kupferkies wird der Schwefel zuweilen noch (zu Agordo in Venedig, zu Wicklow in Irland und in Mühlbach im Salzburgischen) *) bei der Gewinnung des Kupfers als Nebenproduct gewonnen.

Eine Quelle der Schwefelgewinnung, die in Zukunft sehr wichtig zu werden verspricht, bietet die Soda-Fabrikation. In letzterer werden gewaltige Mengen von schwefelsaurem Natron (Sulfat) gebraucht, dessen gesammter Schwefelgehalt sich in den Sodarückständen als unlösliches Schwefelcalcium wiederfindet. Bis vor wenigen Jahren warf man diese Sodarückstände als werthlos fort. Alsdann fand man ein Verfahren, **) das Schwefelcalcium der Sodarückstände durch längeres Lagern der letzteren an freier Luft und nachheriges Durchleiten von Luft in Oxydationskästen theilweise in lösliche Schwefelverbindungen (unterschwefligsaure Salze und basisch Mehrfach-Schwefelcalcium) überzuführen, aus denen durch Zusatz von Salzsäure ein gewisser Percentsatz des Schwefels sich ausschied.

Auf diese Weise wurden in den deutschen Sodafabriken bisher jährlich über 100.000 Ctr. Schwefel gewonnen. Der erhaltene Rohschwefel wird zu seiner Reinigung durch Wasserdampf von $1^3/_4$ Atmosphären Spannung geschmolzen und als Stangenschwefel gegossen in den Handel gebracht.

---

*) R. von Wagner: „Handbuch der chemischen Technologie". 10. Aufl., S. 266.

**) Siehe Amtlicher Bericht der Wiener Weltausstellung, Band 3, Abtheilung I, S. 469—494: „Die Verwerthung der Sodarückstände", von Dr. Ferd. Tiemann, welcher Artikel auch eine Zusammenstellung der ganzen hierher gehörigen Literatur giebt.

Digitized by Google

Nach diesem Verfahren erhielt man also nur einen Theil des Schwefels der Sodarückstände. Das lange erstrebte Ziel, sämmtlichen Schwefel wieder zu gewinnen, scheint durch ein neuerdings von Schaffner & Helbig in Aussig (Oesterreich) gefundenes Verfahren*) erreicht zu sein. Es ist dieses Verfahren um so wichtiger, als nach ihm auch aus Gyps und Schwerspath (nach vorherigem Glühen dieser Salze mit Kohle) sich Schwefel gewinnen wird lassen. Es wäre also somit das Problem, aus dem so reichlich in der Natur sich findenden Gyps den Schwefel desselben als solchen abzuscheiden, gelöst.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Das Verfahren beruht darauf, daß man die Schwefelcalcium enthaltenden Sodarückstände mit Chlormagnesium behandelt, wobei sich Chlorcalcium, Magnesia und Schwefelwasserstoff bildet. Den entweichenden Schwefelwasserstoff läßt man in einem besonderen Raum mit schwefliger Säure zusammentreffen, wobei sich sämmtlicher Schwefel beider Gase unter gleichzeitiger Bildung von Wasser als solcher ausscheidet.

Es sei noch erwähnt, daß man die Chlorcalcium und Magnesia enthaltende Flüssigkeit mit Kohlensäure behandelt, wodurch sich Chlormagnesium und kohlensaurer Kalk bilden. Das Chlormagnesium kann bei der Behandlung einer ferneren Menge Sodarückstandes und der kohlensaure Kalk wieder bei der Sodaschmelze benutzt werden.

Außerdem seien hier noch kurz als Quellen der Schwefelgewinnung angeführt: Die Fabrikation der Potasche (nach Le Blanc), wobei die sich bildenden

*) Englisches Patent 955 vom 9. März 1878: „Herstellung von Schwefel aus Sodarückständen, Gyps, Schwerspath ꝛc. und gleichzeitige Gewinnung der mit dem Schwefel verbundenen Erden in Form von Carbonaten“; in der „Chemiker-Zeitung“ Jahrg. 3, S. 114.

Digitized by Google

Potaſcherückſtände (in Staßfurt und bei F. Vorſter & Grüneberg in Kalk bei Köln) genau ſo wie die Sodarückſtände auf Schwefel verarbeitet werden. Ferner die Steinkohlengas-Fabrikation, wobei in der zum Reinigen des Gaſes von Schwefelwaſſerſtoff angewendeten Laming'ſchen Miſchung ſich durch chemiſche Umſetzung des Schwefelwaſſerſtoffes Schwefel bis zur Menge von 40 Percent anſammelt. Durch Deſtillation kann derſelbe gewonnen werden. Endlich wird auch bei der Bereitung von Jod aus Seetangen aus den Mutterlaugen ſich abſcheidender Schwefel als Nebenproduct (z. B. in der Jodfabrik von Paterſon in Glasgow) gewonnen.

Einige weſentliche Eigenſchaften und Prüfung des Schwefels. Der Schwefel ſchmilzt bei 112 Grad und erſtarrt bei 108—109 Grad. Bei 440 Grad deſtillirt (ſiedet) er unter Bildung braunrother Dämpfe. Die Reinheit des zur Schießpulver-Fabrikation verwendeten Stangenſchwefels erkennt man durch folgende Prüfungen: 1. Der Schwefel muß bei 112 Grad (nicht niedriger) ſchmelzen. 2. Beim Verbrennen von 1 Gramm Schwefel auf dem Deckel eines Porzellantiegels darf kein Rückſtand bleiben. 3. Beim Trocknen bei 100 Grad darf er keinen Gewichtsverluſt (durch entweichendes Waſſer) erleiden. 4. Beim Erhitzen in einer einſeitig geſchloſſenen Glasröhre darf in letzterer kein kohliger Rückſtand (herrührend von dem Schwefel beigemengten harzigen Stoffen) bleiben.

Wir haben nunmehr den zweiten Beſtandtheil des Schießpulvers, den Kaliſalpeter, näher zu betrachten.

2. Der Kaliſalpeter.

Unter »Salpeter« ſchlechtweg verſteht man die ſalpeterſauren Salze der Alkalien und Erdalkalien und man ſpricht

Digitized by Google

demgemäß von Kalisalpeter und Natronsalpeter (das heißt salpetersaurem Kali und Natron) eben so gut wie von Kalk- und Barytsalpeter (salpetersaurem Kalk und Baryt). Die drei erstgenannten Salpeter kommen fertig in der Natur gebildet vor.

Zur Schießpulver-Fabrikation ist nur der Kalisalpeter geeignet und muß deshalb in diesen der natürlich vorkommende Natronsalpeter (und Kalksalpeter) durch chemische Einwirkung eines Kalisalzes (Chlorkalium oder kohlensaures Kali) zuerst umgewandelt werden.

Vorkommen und Bildung des Salpeters. Zur natürlichen Bildung des Kalisalpeters ist unbedingt erforderlich: Vorhandensein von langsam verwesenden, *stickstoffhaltigen* organischen Substanzen und von verwittertem, krystallinischem Gestein, das (den Kali enthaltenden) Feldspath als Gemengtheil in sich schließt; außerdem noch ist erforderlich trockene Luft, regenarme oder regenlose Gegend.

Durch das langsame Verwesen organischer Stoffe (des Humus) wird Salpetersäure aus dem Stickstoffgehalt der organischen Substanz gebildet und bei Vorhandensein von kalihaltigem Gestein (wie Feldspath) wird salpetersaures Kali (Kalisalpeter) gebildet. Denken wir uns statt des *kali*haltigen Gesteines einen *natron*- oder *kalk*haltigen Stoff in Berührung mit der verwesenden organischen Substanz, so bildet sich statt Kalisalpeter Natron-, respective Kalksalpeter.

Die uns bekannteste natürliche Salpeterbildung ist das an den Mauern der Ställe häufig beobachtete Auswittern von Mauerfraß, auch Salpeterfraß genannt. Ebenso findet man diese Auswitterungen in Höhlen und auf der Oberfläche des Bodens in Spanien, Ungarn, Aegypten, Ostindien (am

Digitized by Google

Ganges und auf Ceylon), sowie in mehreren Theilen Südamerikas.

An den Ufern des Ganges gewinnt man den Salpeter aus dem durch die Ueberschwemmungen dieses Flusses abgelagerten und trocken gewordenen Schlamme als sogenannten Kehrsalpeter. Wird der Salpeter durch Abkehren entfernt, so währt es nicht lange und neue Ausblühungen, die der Ernte harren, sind wieder da. Die so charakteristischen Auswitterungen des Kalisalpeters erklären sich dadurch, daß derselbe (im Gegensatze zum Natronsalpeter) keine wasseranziehende, feucht werdende Substanz ist und deshalb sofort nach seiner Bildung unter der Erdoberfläche durch Capillarität an die Oberfläche langsam hinaufwandert.

Den Kehrsalpeter Indiens und Ungarns gewinnt man einfach dadurch, daß man die salpeterhaltige Erde mit Wasser auslaugt, den leicht löslichen Salpeter eindampft und auskrystallisiren läßt. Enthielt die salpeterhaltige Erde auch Kalksalpeter, so setzt man vor dem Auslaugen Potasche hinzu, wodurch der salpetersaure Kalk sich in unlöslichen kohlensauren Kalk und in löslichen Kalisalpeter umsetzt.

Der auf diese Weise gewonnene indische Rohsalpeter wird auch exotischer Salpeter genannt. Er enthält noch eine nicht unbeträchtliche Menge fremder Salze, von denen er durch Raffiniren (siehe unten) befreit werden muß.

Bis zur Zeit des Krim-Krieges lieferten Indien und die heimischen Salpeterplantagen den ganzen Bedarf der Schießpulverfabriken an Kalisalpeter. Erst als in Folge des Krim-Krieges die Nachfrage nach Salpeter plötzlich bedeutend stieg, wurde die fabriksmäßige Darstellung des sogenannten (aus Chilisalpeter durch Umsetzung mit Chlorkalium erhaltenen) Conversions-Salpeters eingeführt. Seit dieser Zeit sind die Salpeterplantagen in England, Frank-

Digitized by Google

reich und Deutschland ganz eingegangen und werden nur noch in Schweden, Rußland und Spanien in kleinem Maßstabe fortgesetzt. Der Export an indischem (exotischem) Salpeter ist dagegen, wie folgende Zahlen*) zeigen, noch immer ein bedeutender.

Es wurden aus Indien (Bombay, Madras, Pegu) in England nachverzeichnete Mengen von indischem Salpeter eingeführt:

1860	16,460.300	Kilogr.	1868	33,062.000	Kilogr.
1861	15,690.150	»	1869	34,620.000	»
1862	22,162.400	»	1870	39,217.000	»
1863	20,238.250	»	1871	43,331.630	»
1864	22,259.840	»	1872	42,732.420	»
1865	27,244.360	»	1873	42,527.829	»
1866	29,322.400	»	1874	44,206.259	»
1867	29,420.600	»			

Wenn auch, wie schon gesagt, die Gewinnung des Salpeters aus künstlich angelegten Salpeterplantagen nur mehr noch historisches Interesse hat, so möge hier doch dieser früher schwungvoll betriebene künstliche Salpeter-Bildungsproceß kurze Erwähnung finden.

Bei Herstellung von Salpeterplantagen ahmt man alle jene Bedingungen nach, welche die Salpeterbildung begünstigen. Als Materialien**) wählt man Erde, die reich ist an kohlensaurem Kalk, wie Mergel, Bauschutt, Holz-, Torf-, Braunkohlen-, Steinkohlenasche, Staub und Koth von Chausseen, Abfall aus Stuben, Ställen, Städten, Schlamm aus Teichen und Schleusen, Kalkrückstände aus Soda-, Gas-,

*) R. von Wagner: „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 177.

**) Ebendaselbst, S. 175.

Digitized by Google

Papierfabriken, Bleichereien, Asche und Kalk von Seifensiedern u. s. w. und als Stickstofflieferer: düngerhaltige Materialien oder Dünger selbst, thierische Abfälle, wie Fleisch, Sehnen, Häute, Blut aller Art aus den Schlachthäusern und Wasenmeistereien, Rückstände aus chemischen Fabriken, aus Gerbereien und Leimfabriken, von wollenen Lumpen aus Tuchfabriken.

Aus dieser präparirten Muttererde, welche man mit Stroh oder mit Reisig durchflicht, um der Luft möglichst allseitig Zutritt zu gestatten, bildet man auf einem geneigten, festgeschlagenen Lehmboden Haufen von 2—2½ Meter Höhe von der Form einer abgestutzten Pyramide. Von Zeit zu Zeit begießt man die Haufen mit Jauche.

Wenn die Salpetererde der Reife sich nähert, läßt man die Haufen austrocknen; es bildet sich dann an der Oberfläche eine 6—10 Cm. dicke Rinde, welche reicher ist an salpetersauren Salzen als die andere Masse, da sich durch Capillarwirkung die Lauge an die Oberfläche zieht und dort ihr Wasser verliert. Diese Kruste wird so oft abgekratzt, bis der Kern des Haufens der Luft zu wenig Oberfläche darbietet, wo er dann ganz abgetragen und neu aufgebaut wird.

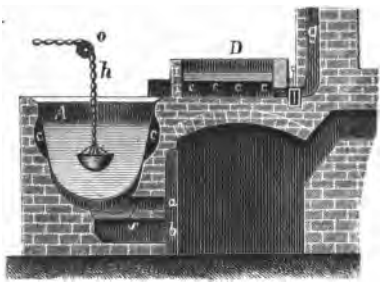
In der Schweiz gewinnt man in mehreren Cantonen Salpeter in den Ställen. Unter dem gedielten Stallboden gräbt man eine Grube von 0·6—1 Meter Tiefe, die man mit einer kalkhaltigen Erde anfüllt. Diese Erde saugt den Harn der Thiere auf. Alle paar Jahre wird die gebildete Salpetererde herausgenommen, ausgelaugt und die Lauge auf Salpeter versotten. In ähnlicher Weise werden im nördlichsten Theile von Schweden, wo jeder Grundbesitzer zur Lieferung von Salpeter an die Behörde als Steuer verpflichtet ist, jährlich gegen 2000 Ctr. Salpeter gewonnen.

Digitized by Google

Aus der reifen Salpetererde gewinnt man in den Salpetersiedereien den Rohsalpeter auf folgende Weise. Man zieht aus der Erde mit möglichst wenig Wasser die löslichen Bestandtheile derselben aus und versetzt die erhaltene Rohlauge so lange mit Potaschelösung, als noch ein Niederschlag entsteht. Der salpetersaure Kalk und die salpetersaure Magnesia der Rohlauge setzen sich hierdurch in unlöslichen kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia unter gleichzeitiger Bildung von löslichem Kalisalpeter um.

Die von diesem Niederschlage klar abgegossene Rohlauge, welche außer Kalisalpeter namentlich noch Chlormetalle und überschüssige Potasche enthält, wird in kupfernen Kesseln versotten.

Fig. 2.



Die Feuergase gehen, wie Figur 2 zeigt, durch die den Kessel umgebenden Züge c c unter die Vorwärmpfanne D und von da in den Schornstein q. In dem Maße, als das Wasser aus dem Kessel verdampft, läßt man frische Lauge durch einen Hahn in den Kessel nachfließen. Nach zwei- bis dreitägigem ununterbrochenen Kochen fangen die Chlormetalle an, sich auszuscheiden. Um ein Anbrennen derselben, was Explosionen oder doch Betriebsstörungen zur Folge haben könnte, zu vermeiden, senkt man mittelst der über die Rolle o geführten Kette h den sogenannten Pfuhleimer (m) in die Lauge ein. Die ausgeschiedenen festen Theile setzen sich nämlich nicht direct zu Boden, sondern werden vom Boden durch die Flüssigkeitswallungen nochmals an den Wänden des Kessels hinaufgetrieben, um von der

Digitized by Google

Oberfläche in der Mitte wieder auf den Boden zu gelangen. Statt aber auf letzteren, fallen sie in den auf ihrem Wege befindlichen Pfuhleimer.

Das Abdampfen der Lauge wird so lange fortgesetzt, bis ein Tropfen derselben, auf kaltes Metall gebracht, sogleich zu einer festen Masse erstarrt. Alsdann bringt man die Lauge 5—6 Stunden in Klärbottiche und von da in kupferne Krystallisirgefäße. Nach zwei Tagen ist aller Salpeter auskrystallisirt.

Dieser Rohsalpeter, welcher gelb gefärbt und mit durchschnittlich 20 Percent fremder Salze noch verunreinigt ist, wird durch Läutern oder Raffiniren gereinigt. Ebenso wird der indische (exotische) Salpeter vor seiner Verwendung nochmals raffinirt.

In eine siedende Lösung von Rohsalpeter trägt man noch so viel Rohsalpeter ein, daß die betreffende Wassermenge gerade sämmtlichen, im Rohsalpeter enthaltenen Kalisalpeter aufzulösen vermag; die vorhandenen Chlormetalle und die anderen Unreinigkeiten werden als schwerer löslich aus der kochenden Flüssigkeit ausgeschieden. Die von den ausgeschiedenen Chlormetallen getrennte Salpeterlauge kommt schließlich in kupferne Krystallisirbecken, in denen bei beständigem Umrühren der Flüssigkeit der Kalisalpeter als feines Krystallmehl sich ausscheidet.

Das Salpetermehl kommt aus den Krystallisirbecken in die Waschgefäße, wo es mit einer gesättigten Lösung von reinem Salpeter übergossen wird. Da die in dem Salpetermehl noch enthaltenen Chloralkalien (Chlorkalium und Chlornatrium) in kaltem Wasser leichter löslich sind als der Kalisalpeter, so scheidet sich aus der zum Waschen angewendeten reinen Salpeterlösung ein Theil des Salpeters aus und die leichter löslichen Chloralkalien werden in der

Digitized by Google

Salpeterlösung aufgelöst und weggeführt. Das ausgewaschene Salpetermehl wird bei gelinder Wärme getrocknet, gesiebt und verpackt.

Die Salpeterlager in Peru und die Gewinnung des Perusalpeters. Die überwiegende Menge des heutzutage im Handel vorkommenden Kalisalpeters ist Conversions-Salpeter, das heißt durch Zersetzung des Perusalpeters mit Chlorkalium erhalten. Wir wenden uns nun der Fabrikation dieses Conversions-Salpeters, zunächst aber der Gewinnung der beiden Rohmaterialien, des Perusalpeters in Südamerika und des Chlorkaliums aus den Abraumsalzen des Staßfurter Steinsalzlagers zu.

Mariano de Rivero*) wies im Jahre 1821 zuerst auf die Existenz von Natron-Salpeterlagern in Südamerika hin. Im Jahre 1831 begann die Ausbeutung dieser Lager. Der Strich Landes, in welchem die Gewinnung des Salpeters**) seit einigen Jahren so bedeutend und einträglich, namentlich von Engländern und Deutschen, betrieben wird, liegt an der Westküste Südamerikas und ist ein Theil der bekannten Costa Seca (das heißt trockene Küste) zwischen

*) Rivero: Schweigger's Journal, Band 34, S. 450.

**) Ueber die Salpeterlager in Peru und die Gewinnung des Perusalpeters vergleiche man: Wagner's Jahresbericht 1859, S. 184; 1863, S. 303; 1869, S. 246; 1871, S. 300; 1872, S. 290; 1874, S. 421; American Chemist 1874, Nr. 11, S. 403—408; Compt. rend. 1875, Band 81, S. 730; Dingler's „Polytechnisches Journal" 1875, Band 219, S. 171; „Berg- und Hüttenmännische Zeitung" 1876 Nr. 2, S. 14, 83; Wagner's Jahresbericht 1876, S. 463; Briefliche Mittheilungen von Dr. Langbein in San Juan (Peru) an Prof. R. von Wagner in Würzburg in Dingler's „Polytechnischem Journal" 1879, Band 232, S. 453, und „Chemiker-Zeitung", Jahrg. 3, S. 414.

Digitized by Google

dem 4. und 10. Breitegrad, begrenzt von dem Tumbez-River, der südlichen Scheide der Republik Ecuador.

Die Lager erstrecken sich in einer Länge von über 2400 englischen Meilen längs der Küste von Peru, Bolivia und einem Theile Chilis.

Dieser ganze Streifen Landes entbehrt fast vollständig des Regens. Kein Baum oder Strauch kommt dort fort, denn es fehlt an dem für das pflanzliche Wachsthum nöthigen Wasser. In den Wintermonaten wachsen die in diesem Lande fast beständig herrschenden Stürme zu Orkanen an. Im ganzen Jahre giebt es vielleicht zwei bis drei Regenschauer. Die wenigen kleinen Flüsse werden lediglich gespeist von den von den Cordilleren herabschmelzenden Schneemassen.

Die Küste zwischen den Häfen zeigt seewärts eine stattliche Front von Klippen von 1000—3000 Fuß Höhe und zwischen ihnen windet sich, bald steil aufsteigend, bald schroff abfallend, der schmale, gefährliche Pfad, der ganz allein die Verbindung zwischen der Küste und dem Innern des Landes, wo die Salpeterlager sich befinden, ermöglicht. Dieser Weg kann nur mit Maulthieren zurückgelegt werden.

Seit sieben Jahren läuft von einem Felsenrücken aus in einer Höhe von 3440 Fuß eine Schienenstraße, die die Hafenstadt Yquique (den Hauptausfuhrort des Natronsalpeters) mit La Noria verbindet. Wegen der beim leisesten Wind in dicken Wolken aufstäubenden Massen leichten Sandes hat man besondere Vorrichtungen zum Schutze gegen Ueberwehungen der Geleise treffen müssen.

Die den Salpeter einschließenden Mineralien heißen »Caliche« und liegen etwa 3 Fuß unter der Oberfläche. Bald gleichen sie Stücken von Zuckerhüten, bald Schwefel-Zusammenhäufungen und wieder andere sind weiß mit bläulichen Adern.

Digitized by Google

In ähnlicher Weise, wie in Sicilien durch das weiße, an der Oberfläche erscheinende Briscale die Gegenwart eines Schwefellagers sich verräth, erkennt man auch hier das Dasein des Caliche an der Anwesenheit obenauf liegenden, halbfertigen Sandsteines, der, nebenbei gesagt, für Bauten sehr verwendbar und gesucht ist.

Die Zusammensetzung des Caliche ist eine sehr wechselnde. Das Mineral enthält 48—75 Percent Natronsalpeter, 20—40 Percent Kochsalz und unbestimmte Mengen von schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Kalk, Kalisalpeter, Chlormagnesium und jodsaurem Kali. Außerdem ist es mit unlöslichen Erdtheilen und Guano vermengt.

Zur Gewinnung des Minerals werden Bohrlöcher zum Sprengen der bis unter das Caliche führenden Schichten getrieben, und Schießpulver, welches an Ort und Stelle bereitet wird, ausschließlich als Sprengstoff verwendet. Gewöhnlich nimmt man 100 Theile Natronsalpeter, 9 Theile Schwefel und 28 Theile Weidenkohle zur Bereitung dieses Pulvers. *)

Die Schüsse fördern das Mineral zu Tage, das mit Händen zusammengesucht und zu Haufen zusammengetragen wird. Auf durch Maulthiere gezogenen Wagen gelangt es zur Siederei, wo es durch Marsden'sche Patentwalzen zunächst zerkleinert wird.

Das zerkleinerte Rohmaterial gelangt in die Siedekessel, welche geschlossene Behälter von Eierform sind. Sie sind mit zwei beweglichen Deckeln versehen, von denen der obere zum Einfüllen des Caliche, der untere zum Entleeren des erschöpften Minerals dient.

* Briefliche Mittheilungen von Dr. Langbein in San Juan an R. von Wagner in Dingler's „Polytechnischem Journal" 1879, Band 232, S. 453; „Chemiker-Zeitung" Jahrg. 3, S. 414.

Digitized by Google

Die Kessel werden mit dem zerkleinerten Rohmaterial in ihrer ganzen Höhe mit Mutterlauge zur Hälfte eingefüllt. Bis vor kurzer Zeit ließ man directen Dampf unter einem falschen Boden einströmen, welcher im Innern des Kessels vorhanden war. Neuerdings hat ein sehr großer Theil der Fabriken, besonders diejenigen, welche in deutschen und englischen Händen sind, die Siederei mit directem Dampf verlassen und läßt jetzt diese Arbeit durch Condensatoren von Schlangenform*) verrichten. Das condensirte Wasser wird durch eine Dampfpumpe dem Dampfkessel direct wieder zugeführt.

Da durch den Wegfall des directen Dampfeintrittes die zur schnellen Concentration der Laugen nöthige Bewegung fehlt, so hat man zur Erreichung dieses Zweckes statt directen Dampf die Siemens'schen und Körting'schen Dampfstrahlgebläse eingeführt. Die hierzu benützte Luft wird durch abziehende Feuergase vorher auf 120 bis 150 Grad erwärmt. Durch diese Art der Arbeit hat sich sowohl die Ausbeute als der Feingehalt des Salpeters bedeutend erhöht.

Nachdem etwa zwei Stunden erhitzt wurde, ist die Lauge genügend mit Salpeter gesättigt. Man läßt die tiefbraune Flüssigkeit in die Klärbehälter ab. Dieselben sind mit schlechten Wärmeleitern umgeben, damit der Salpeter während des Klärens nicht auskryställisire.

Nach 1—3½ Stunden wird die geklärte, heiße Lauge durch Canäle in dem Winde zugängliche Kryställisirkästen fließen gelassen. Der auskryställisirte Salpeter wird durch

*) Briefliche Mittheilungen von Dr. Langbein in San Juan an R. von Wagner in Dingler's „Polytechnischem Journal" 1879, Band 232, S. 453; „Chemiker-Zeitung" Jahrg. 3, S. 414.

Digitized by Google

Ausbreiten auf einer großen, luftigen Fläche in Lagen von 1—1½ Fuß Höhe getrocknet.

Die in der »Oficina« beschäftigten Arbeiter sind meist von Bolivia. Alljährlich kann man ihre Wanderzüge durch die Cordilleren mit Weib und Kind beobachten. Länger als 5—6 Monate bleiben sie jedoch nie an einem Orte, sondern brechen in vollen Zügen auf, um nach einem anderen Werke zu gehen.*) An manchen Orten hat man versucht, chinesische Kulis zu verwenden; allein sie sind zu schwach für diese schwere Arbeit.

Der auf diese Weise gereinigte Perusalpeter enthält 94—96 Percent Natronsalpeter. Zur besseren Vergleichung lassen wir hier die Zusammensetzung von einem natürlichen Salpeter (Caliche), so wie er in den Salpeterlagern gefunden wird, und von einem durch die oben angegebenen Processe gereinigten Perusalpeter folgen.

	Natürlicher Salpeter (Caliche)		Raffinirter Perusalpeter	
Salpetersaures Natron .	51·50	Perc.,	94·03	Perc.
Salpetrigsaures » .	—·—	»	0·31	»
Schwefelsaures » .	8·99	»	0·92	»
Kochsalz	22·08	»	1·52	»
Chlorkalium	8·55	»	0·64	»
Chlormagnesium . . .	0·43	»	0·93	»
Kohlensaurer Kalk . .	0·12	»	—·—	»
Kieselsäure und Eisenoxyd	0·90	»	—·—	»
Jodnatrium	Spuren.		—·—	
Jodsaures Natron . .	—·—	»	0·29	»
Unlösliche Stoffe . . .	6·—	»	—·—	»
Wasser	—·—	»	1·96	»

*) „Berg- und Hüttenmännische Zeitung" 1876, Nr. 2, S. 14 und 83; Wagner's Jahresbericht 1876, S. 463.

Digitized by Google

Folgende Zusammenstellung zeigt die Größe der Ausfuhr*) an Natronsalpeter aus Südamerika.

1830	18.700 Ctr.	1864	2,090.587 Ctr.	
1835	140.399 »	1865	2,442.459	»
1840	227.362 »	1866	2,187.625	»
1845	376.239 »	1867	2,550.327	»
1850	511.845 »	1868	1,906.503	»
1853	866.241 »	1869	2,507.052	»
1858	1,200.240 »	1870	2,943.413	»
1860	1,370.248 »	1871	3,605.906	»
1861	1,358.691 »	1872	4,202.000	»
1862	1,626.071 »	1873	6,263.767	»
1863	1,540.963 »			

Durch Decret vom 12. Juli 1873 hat die peruanische Regierung den Verkauf des Salpeters selbst in die Hand genommen und besteht dieses Salpetermonopol**) seit 1. September 1873. Ueber die Wirkung dieses Monopols, das übrigens bis jetzt noch nicht perfect geworden ist, läßt sich zur Stunde noch kein endgiltiges Urtheil abgeben. Sollte der peruanische Ausfuhrzoll auf Salpeter jedoch eine Krise herbeiführen, so steht zu erwarten, daß die neu entdeckten Salpeterlager des Loa-Beckens in Bolivia in Zukunft auch allein den wachsenden Bedürfnissen des europäischen Marktes zu genügen im Stande sind.

Was die Bildung der Salpeterlager in Peru und Bolivia betrifft, so hat wohl Röllner's Ansicht***)

*) R. von Wagner: „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 183.

**) Wagner's Jahresbericht 1873, S. 329; 1876, S. 383 und 468.

***) „Journal für praktische Chemie", C II, S. 459; Wagner's Jahresbericht 1868, S. 290; Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung, Band 3, Abtheilung I, S. 202.

Digitized by Google

die größte Wahrscheinlichkeit für sich. Derselbe glaubt, daß in Folge von gewaltigen Stürmen große Massen von Seetangen in jene Bucht von Südamerika geworfen wurden und vermöge ihres Stickstoffgehaltes und ihrer langsamen Verwesung zur Bildung von Salpeter Veranlassung gaben. Durch vulkanische Erhebungen des Bodens wurde der gebildete Salpeter dem Boden entzogen.

Diese Theorie stimmt gut mit einigen beobachteten Erscheinungen überein. Hierher gehört die noch jetzt langsam stattfindende Hebung der Westküste Südamerikas, so daß wir annehmen dürfen, daß das jetzige Hochplateau, auf dem der Perusalpeter lagert, einst Meeresboden war. Ferner erklärt sich durch diese Theorie auch das sonst räthselhafte Vorkommen von Jod im rohen Perusalpeter. Die Seetangen als Jodsammler liefern ja das Material für die Jod-Fabrikation und sie mußten auch bei ihrer Verwesung auf den Salpeterlagern Perus ihren Jodgehalt dem Salpeter einverleiben.

Die Gewinnung des Chlorkaliums aus den Abraumsalzen des Steinsalzlagers zu Staßfurt. Die großen Lager von Mutterlaugensalzen — sogenannten Abraumsalzen — im Steinsalzlager zu Staßfurt, welche in einer Mächtigkeit von circa 30 Meter das Hangende des Steinsalzlagers bilden, verdanken einem ähnlichen natürlichen Processe ihre Entstehung, wie es derjenige ist, nach dem man neuerdings die Mutterlaugensalze aus den Soolquellen und Seewassersalinen auf künstlichem Wege herstellte. Das ganze Staßfurter Salzlager ist durch einen regelmäßigen und ungestörten Eindampfungsproceß eines größeren geschlossenen Meeresbeckens entstanden.*) In Folge

*) Vergleiche F. Bischof: „Die Steinsalzwerke zu Staßfurt".

Digitized by Google

des günstigen Umstandes, daß es nach seiner Bildung von einer für Wasser undurchlässigen Mergelschicht bedeckt wurde, sind die oberen Schichten leicht löslicher Mutterlaugensalze nahezu vollkommen conservirt worden,*) während bei den sonst bekannten Steinsalzstocken auf primärer Lagerstätte von wahrscheinlich ähnlicher Entstehungsweise diese obere Lage fehlt, weil sie entweder durch neue Hebungen und Durchbrüche nicht zur ruhigen Bildung gelangte oder durch später hinzutretende süße Wasser wieder gelöst wurde.**)

Die Hauptbestandtheile der Staßfurter Abraumsalze sind der Carnallit (aus Chlorkalium, Chlormagnesium und Wasser bestehend) und der Kieserit (schwefelsaure Magnesia und Wasser), welche mit Schichten von mehr oder weniger reinem Steinsalz wechsellagern; daneben finden sich noch Tachhydrit (Chlorcalcium, Chlormagnesium und Wasser enthaltend), sowie sporadisch eingesprengt Boracit (borsaure Magnesia + Chlormagnesium) und durch später erneute Einwirkung von Wasser in secundärer Bildung entstanden: Kainit (aus schwefelsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia, Chlormagnesium und Wasser bestehend) und Sylvin (Chlorkalium).

Die ersten Bohrversuche***) wurden im Jahre 1839 zu Staßfurt (Preußen) und im Jahre 1858 in dem naheliegenden Leopoldshall (Anhalt) angestellt. Im Herbst 1861 wurde die erste auf tägliche Verarbeitung von 100 Ctr.

*) Prinz Schönaich-Carolath: „Verhandlungen der Berliner Geologischen Gesellschaft", April 1864.

**) Amtlicher Bericht der Wiener Weltausstellung, Band 3, Abtheilung I, S. 351: „Die Staßfurter Kali-Industrie", von Dr. A. Frank in Staßfurt.

***) Vergleiche Dr. G. Krause: „Statistische Mittheilungen über die Industrie von Leopoldshall und Staßfurt", Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 217, S. 331., sowie dessen: „Die Staßfurter Kali-Industrie".

Digitized by Google

Abraumsalz eingerichtete Fabrik in Staßfurt von Dr. Frank eröffnet. Im Jahre 1863 stieg die Zahl der dortigen Kalifabriken bereits auf elf und die Förderung der Rohsalze auf 1,288.000 Ctr.

1867	wurden	3,350.000 Ctr.	in	16	Fabriken
1868	»	4,033.000 »	»	18	»
1869	»	4,600.000 »	»	20	»
1870	»	6,244.000 »	»	21	»
1871	»	8,064.000 »	»	25	»
1872	»	10,284.000 »	»	33	»
1873	»	9,047.000 »	»	33	»

verarbeitet.

Diese neue Industrie, welche sich so wunderbar rasch entwickelt und einen so eingreifenden und umgestaltenden Einfluß auf eine bedeutende Reihe von Fabrikationen gewonnen hat, beschäftigte im Jahre 1873, mit Ausschluß der in den Salzbergwerken arbeitenden circa 1100 Bergleute, durchschnittlich 3000 Arbeiter. Daneben standen 120 Dampfkessel und Dampfmaschinen von circa 1500 Pferdekraft in Betrieb.

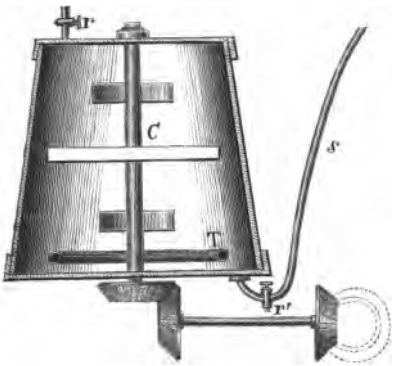
Von den in Staßfurt betriebenen Fabrikationen interessirt uns hier nur die des Chlorkaliums. Das Rohmaterial hierfür ist das kalihaltige Abraumsalz, Rohsalz, Carnallitsalz, wie es von den Salzwerken geliefert wird. Dasselbe enthält nach einer durch Handscheidung, respective Ausklaubung der stärkeren Steinsalzbänke gleich bei der bergmännischen Gewinnung vorgenommenen Aufbereitung in 100 Theilen

circa	55—65	Theile	Carnallit = 16 Percent Chlorkalium
»	20—25	»	Steinsalz,
»	15—20	»	Kieserit,
»	2— 4	»	freies Chlormagnesium und Tachhydrit.

Digitized by Google

Die Ablieferung und Berechnung des Rohsalzes*) findet derart statt, daß von den Salzwerken ein Gehalt der Salze von 16 Percent Chlorkalium = circa 60 Percent Carnallit, als Norm angenommen, ein höherer oder niederer Percentgehalt der Rohsalze an Chlorkalium vom Käufer, respective Verkäufer extra bonificirt wird. Im Allgemeinen kommen Salze unter 14 Percent und über 18 Percent Chlorkaliumgehalt nicht zur Ablieferung an die Fabriken.

Fig. 3.



Das Rohsalz wird theils in kleinen, 10 bis 20 Ctr. fassenden Förderwagen (Leopoldshall), theils mittelst großer Eisenbahnwagen (Staßfurt) in die Werke befördert, um dort weiter verarbeitet zu werden.

Man bringt das Rohsalz in ein gußeisernes Auslaugegefäß**) (Fig 3) und übergießt ersteres mit $^3/_4$ seines Gewichts von Wasser, welches bereits zum Auswaschen des bei den späteren Operationen auskrystallisirenden Chlorkaliums gedient hat. Durch ein ringförmiges Rohr T wird Dampf von 120 Grad C. hineingeleitet. Eine von einer Dampfmaschine bewegte verticale eiserne Welle C mit Armen geht

*) Dr. Frank: „Die Staßfurter Kali-Industrie". Amtlicher Bericht der Wiener Weltausstellung, Band 3, Abtheilung I, S. 354.

**) R. von Wagner: „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 156.

Digitized by Google

durch die Achse des Gefäßes und bewegt das Salz beständig umher. Dies dauert etwa drei Stunden, worauf man zwei Tage ruhig stehen läßt.

Die so erhaltene Löselauge ist dann ganz gesättigt, zeigt 32 Grad B. und hat je nach Qualität der verwendeten Rohsalze eine etwas wechselnde Zusammensetzung, wie folgende Analysen zeigen:

Gehalt der Löselauge in 100 Theilen an:

	I.	II.
Chlorkalium	9·65	10·24
Chlornatrium	6·89	6·22
Chlormagnesium . . .	14·62	15·73
Schwefelsaurer Magnesia	4·11	3·74

Um die Löselauge aus dem Kessel zu bringen, schließt man den oberen Hahn r und ein unterer Hahn r^1 mit einer auswärts gehenden Röhre s wird geöffnet. Der Dampf drückt die Lösung in die Röhre s hinauf und in das Krystallisationsgefäß.

Bei dieser ersten Krystallisation wird ein sehr kräftiger Anschuß von 65=—75percentigem Chlorkalium erhalten.

Die vom ausgeschiedenen Chlorkalium getrennte Lauge wird noch zweimal verdampft, so daß noch zwei, im Ganzen also drei Krystallisationen von Chlorkalium (respective bei der letzten Krystallisation: von Carnallit) erhalten werden.

Die nachfolgende Tabelle giebt in anschaulicher Weise die chemische Zusammensetzung des ursprünglichen Rohsalzes, sowie der verschiedenen Laugen und Krystallisationen an.

Digitized by Google

	Chlorkalium	Chlormagnesium	Kochsalz	schwefelsaure Magnesia	schwefelsaurer Kalk	Wasser	Unlösliches
Rohsalz	16·—	21·—	21·4	13·—	1·2	25·3	2·1
Lauge vom Lösekessel .	9·65	14·62	6·89	4·11	0·08	Rest	—
Erste Krystallisation . .	61·85	2·58	26·28	0·80	0·24	"	—
Zur zweiten Krystallisation eingedampfte Lauge .	6·92	20·58	3·67	5·34	—	"	—
Zweite Krystallisation .	49·56	4·50	30·47	2·71	—	"	—
Zur dritten Krystallisation eingedampfte Lauge .	5·08	28·48	0·35	3·04	—	"	—
Dritte Krystallisation . .	22·58	26·62	16·52	0·84	—	"	—
Letzte nicht mehr siedewürdige Lauge . . .	0·61	31·32	—	3·17	—	"	—

Neuerdings macht man vielfach nicht mehr drei Krystallisationen, sondern dampft die von der ersten Krystallisation resultirende Lauge direct und sehr stark ein, wobei man eine große Ausscheidung von Carnallit erhält. Letzterer wird wie das ursprüngliche Rohsalz aufgelöst und zur Krystallisation gebracht.

Wie ein Blick auf die eben gegebene Tabelle belehrt, ist das bei den verschiedenen Krystallisationen erhaltene Chlorkalium noch hauptsächlich mit Kochsalz und Chlormagnesium verunreinigt. Von beiden letzteren befreit man das Chlorkalium, indem man es mit kaltem Wasser auswäscht, worin Kochsalz und Chlormagnesium leichter löslich ist, als Chlorkalium. Man erhält durch dieses Auswaschen ein Chlorkalium von 80—95 Percentgehalt.

Will man ein besonders hochgrädiges, zur Darstellung von Potasche, chlorsaurem und chromsaurem Kali vorzüglich geeignetes Chlorkalium gewinnen, so löst man das ursprüngliche Rohsalz statt in heißem Wasser in heißer

Digitized by Google

Chlormagnesium-Lösung, worin sich Kochsalz und Kieserit fast gar nicht, Carnallit dagegen sehr leicht löst. Beim Erkalten der Löselauge krystallisirt der Carnallit aus. Er wird nun in heißem Wasser wieder aufgelöst. Diese Lösung scheidet beim Erkalten das Chlorkalium ab. Letzteres wird durch Uebergießen — Decken — mit kaltem Wasser von anhaftendem Chlormagnesium und Kochsalz gereinigt und liefert ein 98—99percentiges Chlorkalium.

Nachdem wir nunmehr die Gewinnung der beiden Rohmaterialien genügend kennen gelernt haben, wenden wir uns zur eigentlichen

Fabrikation des Conversions-Salpeters.

Mit letzterem Namen bezeichnet man, wie schon öfters erwähnt, den künstlich durch Umsetzung von Perusalpeter mit Chlorkalium erhaltenen Kalisalpeter. Bei dieser Umsetzung bildet sich neben Kalisalpeter noch Kochsalz, welches, da es in heißem Wasser weniger löslich ist als ersterer, aus der heißen Flüssigkeit sich ausscheidet. Die vom ausgeschiedenen Kochsalz getrennte Flüssigkeit läßt beim Erkalten den Salpeter auskrystallisiren. Der ganze Proceß der Bildung des Conversions-Salpeters ist demnach ein sehr einfacher.

Das erste praktische Verfahren*) zur Darstellung von Kalisalpeter aus Perusalpeter und Chlorkalium stammt aus den Jahren 1858 und 1859. Anfänglich wollte man als chlorkaliumhaltige Substanz die Mutterlauge von Soolen oder Seewasser benutzen. Gegenwärtig wird der überwie-

*) Anthon: Dingler's „Polytechn. Journal", Band 149, S. 39; „Chem. Centralblatt" 1858, S. 569; Wagner's „Jahresbericht" 1858, S. 154; ferner Kuhlmann, „Bull. Soc. d'Encour" 1859, September, S. 567; Wagner's „Jahresbericht" 1859, S. 182.

Digitized by Google

gende Percentsatz des bei der Fabrikation erforderlichen Chlorkaliums in den Kalifabriken zu Staßfurt, ein geringer Bruchtheil jedoch auch bei der Verarbeitung des Kelps oder der Schlempekohle und der Kaluczer Sylvine*) gewonnen.

Der Conversions-Salpeter wird gewöhnlich auf folgende Weise fabricirt: In einem gußeisernen Kessel von etwa 4000 Liter Inhalt werden äquivalente Mengen**) Perusalpeter und Chlorkalium aufgelöst. Zuerst wird das Chlorkalium für sich aufgelöst, bis die Lösung 1·200 bis 1·210 spec. Gew. (heiß gemessen) zeigt. Alsdann wird der Perusalpeter zugesetzt und so lange eingedampft, bis die Flüssigkeit ein spec. Gew. von 1·500 hat. Das sich fortwährend ausscheidende Kochsalz wird, so wie es sich bildet, herausgekrückt und auf einer schiefen Ebene so ablaufen gelassen, daß die salpeterhaltige Mutterlauge in den Kessel zurückfließt.

Sowie die Lauge auf 1·500 spec. Gew. eingedampft ist, läßt man sie kurze Zeit absetzen, wobei das nieder-

*) Der Kaluczer Sylvin besteht aus manchmal beinahe chemisch rein sich findendem Chlorkalium, welches durch einen sehr einfachen Krystallisations-Proceß (ohne Abdampfen wie in Staßfurt) sofort rein erhalten wird. Die Kaluczer Lager sind noch weit mächtiger als die Staßfurter, jedoch fehlt es in dortiger Gegend, an den Ostkarpathen, vor Allem an einer intelligenten Arbeiterbevölkerung. Auch das Bergwerk ist noch sehr primitiv eingerichtet. Ueber das Kaluczer Kalivorkommen vergleiche: „Wochenschrift des Niederösterr. Gewerbevereins" 1866, Nr. 1 und 11; „Berg- und Hüttenmännische Zeitung" 1868, S. 226, 259, 377, 385, 411 und 417; „Berggeist" 1869, Nr. 3 und 102; sowie „Amtlicher Bericht der Wiener Weltausstellung", Band 3, Abtheilung I, S. 378.

**) Auf 100 Kg. Natronsalpeter sind 87·9 Kg. Chlorkalium erforderlich. Theoretisch erhält man hieraus 119·1 Kg. Kalisalpeter und 68·8 Kg. Kochsalz.

Digitized by Google

fallende Salz allen Schmutz mit sich reißt. Hierauf läßt man die klare Lauge nach den Kryſtalliſirgefäßen laufen.

Die Kryſtalliſirgefäße ſind ganz flach, ſo daß ſchon nach 24 Stunden die Kryſtalliſation vollſtändig iſt. Durch gelegentliches Umrühren erreicht man, daß die Kryſtalle ſo fein wie Bitterſalz ausfallen.

Nachdem die Mutterlauge abgezogen und die Salpeterkryſtalle vollſtändig abtropften, gießt man ſo viel kaltes Waſſer auf, daß die Salpeterkryſtalle damit bedeckt ſind. Nach 7—8 Stunden wird die Flüſſigkeit wieder abgelaſſen und nach 12ſtündigem Abtropfen friſches Waſſer aufgegeben. Nach dem zweiten Auswaſchen iſt der Salpeter meiſt ſchon genügend rein.

Eigenſchaften und Prüfung des Kaliſalpeters. Der Kaliſalpeter bildet farbloſe, durchſichtige, ſäulenförmige, geſtreifte Kryſtalle von kühlendem, ſcharf ſalzigem Geſchmack. Bis auf 350° erhitzt, ſchmilzt er zu einer dünnen Flüſſigkeit, noch ſtärker erhitzt, zerſetzt er ſich, indem Sauerſtoff entweicht und ſalpetrigſaures Kali zurückbleibt.

Wird Salpeter einer ſehr hohen Temperatur ausgeſetzt (wie ſolche z. B. bei der Entzündung des Schießpulvers herrſcht), ſo zerfällt er in zurückbleibendes feſtes Aetzkali und in entweichenden Sauerſtoff und Stickſtoff. Letzterer findet ſich als ſolcher in den Pulvergaſen, erſterer verbindet ſich mit dem Kohlenſtoff der Kohle zu Kohlenſäure oder Kohlenoxydgas, während das aus der Zerſetzung des Salpeters ſtammende Kali theils mit Kohlenſäure kohlenſaures Kali bildet, theils mit dem Schwefel ſich zu ſauerſtofffreien und ſauerſtoffhaltigen Schwefelverbindungen (ſchwefelſaures Kali, Schwefelkalium u. ſ. w.) vereinigt. Wir werden an geeigneter Stelle den Zerſetzungsproceß

Digitized by Google

bei der Entzündung des Schießpulvers noch genauer kennen lernen.

Der Salpeter ist in Wasser ziemlich leicht löslich und seine Löslichkeit nimmt mit Erwärmung des Wassers bedeutend zu. So lösen 100 Theile Wasser von Null Grad nur 13 Theile Salpeter, dagegen 100 Theile Wasser von 97° 236 Theile Salpeter. Ferner lösen 100 Theile Wasser von Null Grad 35·52 Theile Kochsalz und 100 Theile Wasser von 100° nur wenig mehr, nämlich 39·61 Theile Kochsalz. Wir begreifen jetzt, weshalb bei der Fabrikation des Conversions-Salpeters das gebildete Kochsalz aus der heißen Flüssigkeit, in der es ungefähr sechsmal weniger löslich ist als der Kalisalpeter, sich ausscheidet. Und wir begreifen ferner, weshalb man den nach Ausscheidung des Kochsalzes auskrystallisirten Kalisalpeter von dem beigemengten Kochsalz umgekehrt durch Auswaschen mit kaltem Wasser, worin sich Kochsalz über zweimal so leicht löst als der Kalisalpeter, befreien kann.

Da der Salpeter, wie wir gesehen haben, in höherer Temperatur Sauerstoff entweichen läßt, so ist er ein kräftiges sauerstoffzuführendes (»Oxydations-«) Mittel. Salpeter auf glühende Kohle geworfen, bewirkt ihre Verbrennung unter lebhaftem Funkensprühen. Gemenge von Salpeter und Kohle, oder von Salpeter und Schwefel, oder endlich von Salpeter, Schwefel und Kohle verpuffen in der Hitze mit großer Heftigkeit.

Reiner Salpeter erstarrt nach vorsichtigem Schmelzen zu einer weißen Masse, die auf dem Bruche grobstrahlig ist. Eine Verunreinigung von $^1/_{80}$ Kochsalz macht den Bruch schon etwas körnig, bei $^1/_{40}$ ist der Kern schon nicht mehr strahlig und weniger durchsichtig und bei $^1/_{30}$ ist das

Digitized by Google

Strahlige nur noch an den Kanten zu bemerken. Dieselbe Wirkung äußert eine Verunreinigung mit Perusalpeter.

Zieht Salpeter Feuchtigkeit aus der Luft an, so ist das ein Zeichen, daß er Natronsalpeter enthält (oder auch, daß er beim Schmelzen, wenn ein solches stattgefunden hat, zu stark erhitzt wurde).

Durch einen Gehalt an Kochsalz im Kalisalpeter wird die Güte des damit bereiteten Schießpulvers bedeutend vermindert, weil letzteres alsdann Feuchtigkeit anzieht. Deshalb ist es unbedingt nöthig, daß das Kochsalz, sowie überhaupt alle fremden Bestandtheile aus dem zur Pulver-Fabrikation verwendeten Salpeter vorher entfernt werde. In Frankreich darf solcher Salpeter nur einen Gehalt von $^1/_{3000}$ Kochsalz bei der chemischen Untersuchung ergeben. In Wetteren *) bringt man die Reinheit des Salpeters auf $^1/_{18000}$. In Spandau darf ein Loth aufgelöster Salpeter mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (Höllenstein) keine deutliche Trübung mehr geben. Zu Waltham-Abbey, der berühmten englischen Pulvermühle, **) wird der Salpeter durch wiederholtes Auflösen in Wasser, Krystallisation und Auswaschen so weit gereinigt, daß sich mit einer Silberlösung absolut kein Kochsalz (durch sonst eintretende Trübung) mehr nachweisen läßt.

Einen etwaigen Wassergehalt des Salpeters erfährt man durch mäßiges Erhitzen des letzteren in einem Platintiegel, bis der Salpeter eben anfängt zu schmelzen. Das Gewicht des völlig erkalteten Tiegels darf nicht verändert

*) Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Dr. Stohmann und Professor Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 1122.

**) Dingler's „Polytechn. Journal", Band 125, S. 208.

Digitized by Google

sein. Aus der Größe des etwaigen Gewichtsverlustes erfährt man den Wassergehalt.

Zur Bestimmung des in Wasser unlöslichen Rückstandes*) — reiner Salpeter löst sich natürlich völlig in Wasser auf — werden 100 G. Salpeter in heißem Wasser gelöst, der unlösliche Rückstand auf ein bei 100° getrocknetes Filterchen gebracht, mit destillirtem Wasser ausgewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen. Die Gewichtszunahme des Filterchens zeigt die im Salpeter enthaltene Gewichtsmenge unlöslicher Stoffe an.

Von welcher Reinheit übrigens die Fabriken von Conversions-Salpeter letzteren liefern, möge folgende Angabe der Zusammensetzung eines derartigen Salpeters zeigen.

Kalisalpeter	99·8124	Percent
Natronsalpeter	0·0207	»
Salpetersaure Magnesia . .	0·0093	»
Salpetersaurer Kalk . . .	0·0006	»
Kochsalz	0·0134	»
Unlöslicher Rückstand . . .	0·0210	»
Feuchtigkeit	0·1226	»
	100·0000	Percent.

Weil man jetzt den Salpeter fast chemisch rein aus den Salpeterfabriken bezieht, führen viele Pulvermühlen eine Reinigung des Salpeters gar nicht mehr aus, sondern versehen sich direct mit ihrem Bedarf an Salpeter, der ohneweiters, falls er die angegebenen chemischen Prüfungen besteht, zur Schießpulver-Fabrikation benutzt wird. In größeren Pulverfabriken jedoch nimmt man, wie wir bei der Fabrikation des Schießpulvers sehen werden, noch

*) Fresenius, „Zeitschrift für analytische Chemie", 1876, S. 63; Dingler's „Polytechn. Journal", Band 220, S. 94.

Digitized by Google

eine abermalige Reinigung des Salpeters ebenso wie des Schwefels vor. Dieses sorgfältige, wiederholte Reinigen ist durchaus keine zwecklose Arbeit, denn je reiner die Rohmaterialien, desto besser das mit ihnen erzeugte Schießpulver.

3. Die Kohle.

Die Pulverkohle besteht — ebensowenig wie die Steinkohle — aus reinem Kohlenstoff, sondern enthält noch eine größere Anzahl anderer Bestandtheile. Wir werden deshalb die Pulverkohle bezeichnen müssen als ein mehr oder weniger verkohltes Holz, dessen Kohlenstoffgehalt durch die Verkohlung bedeutend größer geworden ist im Vergleich zum trockenen, unverkohlten Holze.

Je nach der angewendeten Holzart, sowie der Art und Temperatur der Verkohlung erhält man in ihrer Zusammensetzung ganz verschiedene Pulverkohlen. Während wir also durch sorgfältige Reinigung die beiden anderen Rohmaterialien der Schießpulver-Fabrikation, den Schwefel und Salpeter stets in derselben Beschaffenheit, d. h. in völlig chemisch reinem Zustande anwenden können, ist dies bei dem dritten Bestandtheil, der Pulverkohle, nicht der Fall.

Daher erklärt es sich auch zum Theil, weshalb in den verschiedenen Staaten die Mischungsverhältnisse für Militärpulver so beträchtlich von einander abweichen. Denn es ist ohneweiters klar, daß eine Pulverkohle, welche in Meilern gewonnen wurde, eine andere Zusammensetzung haben muß als die aus demselben Holz durch überhitzten Wasserdampf in Cylindern erhaltene Kohle. Noch mehr werden in ihrer Zusammensetzung von einander abweichen

Digitized by Google

Pulverkohlen, die nicht nur in verschiedenen Apparaten, sondern zugleich auch von verschiedenen Holzarten gewonnen wurden. Aus Erlenholz in Oefen gewonnene Pulverkohle wird beträchtlich anders zusammengesetzt sein als Kohle, welche aus Faulbaumholz in Cylindern mit überhitztem Wasserdampf erhalten wurde.

Ebensowenig, wie wir beispielsweise Steinkohle statt des verkohlten Holzes als Pulverkohle gebrauchen können, ebensowenig eignet sich jede beliebige Holzart zur Gewinnung von Pulverkohle. Es muß die betreffende Holzart vielmehr zu diesem Zwecke ganz bestimmte chemische und physikalische Eigenschaften besitzen.

Bevor wir daher uns zur Fabrikation der Pulverkohle wenden, haben wir einen Blick auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Holzarten zu werfen. Die Kenntniß dieser Eigenschaften ist unbedingt nöthig, um einen Einblick in das Princip der Pulverkohlen-Fabrikation und der ihr vorhergehenden Operationen zu gewinnen.

Die chemische Zusammensetzung des Holzes.*) Die chemische Grundlage der Zusammensetzung aller Hölzer ist die Cellulose, auch Holzstoff genannt. Es ist dies der im Pflanzenreich am allgemeinsten vorkommende, in keinem Pflanzenorgan fehlender Stoff, welchen man in neuerer Zeit zur Papier-Fabrikation verwendet. Durch Auskochen des zerkleinerten Holzes mit ätzender Lauge bleibt nämlich dieser gegen chemische Einwirkungen außerordentlich zähe Holzstoff in Breiform ungelöst zurück, während die

*) Vergleiche Nördlinger: „Die technischen Eigenschaften der Hölzer". Stuttgart 1860; A. Mayer: „Die chem. Technologie des Holzes als Baumaterial". Braunschweig 1872.

Digitized by Google

übrigen Bestandtheile des Holzes in Lösung gegangen sind und auf diese Weise leicht von ersterem getrennt werden können.

Sehen wir uns nun diese übrigen Holzbestandtheile an! Zunächst haben wir verschiedene, der Cellulose ähnlich zusammengesetzte Stoffe, die sogenannten inkrustirenden Substanzen, zu erwähnen. Außerdem fehlen in keinem Holze zwei zum Leben desselben unentbehrliche Bestandtheile, die (stickstoffhaltigen) Eiweißstoffe und die Mineralsalze (Aschenbestandtheile). Beide finden sich, so wichtig sie auch sind, nur in sehr geringen Mengen im Holze. In vielen Hölzern treffen wir Gerb- oder Farbstoffe, die Nadelhölzer enthalten nicht unbedeutende Menge von Harz. Jede Holzart enthält im lebenden Zustande große Mengen von Wasser, die bei manchen Hölzern mehr als die Hälfte des gesammten Gewichtes betragen können. Auch im lufttrockenen Zustande enthält das Holz noch zwischen 17 und 20 Percent Wasser.

Denken wir uns das Holz völlig trocken (nicht nur lufttrocken) und aschenfrei, so verbleiben in demselben im Wesentlichen noch der Holzstoff, die inkrustirenden Substanzen und die Eiweißstoffe. Beide ersteren Bestandtheile enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; die Eiweißstoffe enthalten außerdem noch Stickstoff und Schwefel; letzteren aber in nur äußerst geringer Menge. Wir können deshalb sagen, daß das trockene und aschenfreie Holz im Wesentlichen die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff enthält.

Wir führen zur besseren Orientirung hier die Zusammensetzung einiger Holzarten (nach Abzug von Wasser und Asche) in Percenten an:

Digitized by Google

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Kiefer	51·76	6·12	41·36	0·76
Tanne	51·63	6·11	41·20	1·06
Weide	51·12	6·02	42·00	0·86
Birke	51·05	6·27	41·84	0·84
Eiche	50 42	5·99	42·69	0·90
Erle	50·38	6·26	42·54	0·82
Buche	49·76	6·05	43·31	0·87
Hainbuche . . .	49·46	6·08	43·68	0·78

Die chemische Wirkung der Wärme auf das Holz bei Abschluß von Luft. Der Unterschied einer Erhitzung des Holzes an offener Luft oder in luftabgeschlossenen Gefäßen besteht darin, daß im ersteren Falle die frei hinzutretende Luft genügend Sauerstoff dem Holze darbietet, um alle Bestandtheile desselben, und namentlich auch den Kohlenstoff in Gase (Kohlensäure und Wassergas) unter Zurücklassung geringer Mengen Asche zu verwandeln, während im zweiten Falle der größte Theil des Kohlenstoffes aus Mangel an Sauerstoff unverbrannt in dem luftdicht abgeschlossenen Gefäße zurückbleibt. Dagegen findet durch die Wirkung der Wärme eine innere Zersetzung des Holzes statt. Nachdem zuerst die noch vorhandene Feuchtigkeit verdampfte, verbindet sich ein großer Theil des im Holze vorhandenen Sauerstoffes und Wasserstoffes zu ebenfalls verdampfendem Wasser. Alsdann vereinigt sich ein Theil des Kohlenstoffes und Sauerstoffes zu Kohlensäure. Bruchtheile vom Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff verbinden sich zusammen zu Essigsäure und Holzgeist (Methylalkohol). Kohlenstoff und Wasserstoff vereinigen sich zu flüssigen und gasförmigen entweichenden Producten und es bleibt nicht etwa reiner Kohlenstoff zurück, sondern ein sehr kohlenstoffreich gewordenes, verkohltes Holz. Diese Erhitzung des Holzes (so

Digitized by Google

wie jeder organischen Substanz überhaupt) bei Luftabschluß, wodurch eine theilweise Zersetzung desselben veranlaßt wird, nennt man trockene Destillation. Es ist hierbei durchaus nicht gleichgiltig, ob man das Holz rasch oder langsam der trockenen Destillation unterwirft. Im ersteren Falle erhält man mehr gasförmige Producte und im letzteren mehr Kohle.

Wäre also — wie dies vor wenigen Jahren oft noch der Fall war — die Gewinnung von Holzgas der Hauptzweck der Destillation, so käme Alles darauf an, das Holz möglichst rasch und bei möglichst starker Hitze zu destilliren. Ist dagegen, wie es bei der Fabrikation der Pulverkohle der Fall ist — die Gewinnung des festen verkohlten Rückstandes der einzige Zweck, so muß das Holz sehr langsam und vorsichtig verkohlt werden.

Folgende Tabelle zeigt, wie die Ausbeute an Kohle bei der trockenen Destillation des Holzes abnimmt mit zunehmender Verkohlungs-Temperatur:*)

Temperatur der Verkohlung	Menge der aus 100 Theilen Holz erhaltenen Kohle	Temperatur der Verkohlung	Menge der aus 100 Theilen Holz erhaltenen Kohle
160°	98·00	300°	33·61
170	94·55	310	32·87
180	88·59	320	32·23
190	81·99	330	31·77
200	77·10	340	31·53
210	73·14	350	29·66
220	67·50	432	18·87
230	55·37	1023	18·75
240	50·79	1100	18·40
250	49·67	1250	17·94
260	40·23	1300	17·46
270	37·14	1500	17·31
280	36·16	Schmelzpunkt	
290	34·09	des Platins	15·00

*) Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", 2. Aufl. Band 3, S. 183 u. 184; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 34.

Digitized by Google

Während die Ausbeute an Kohle mit zunehmender Verkohlungs-Temperatur sinkt, steigt umgekehrt der Gehalt der Kohle an Kohlenstoff, bei je höherer Temperatur die Verkohlung geleitet wurde.

Wir haben oben (Seite 64) die percentische Zusammensetzung einiger Holzarten in trockenem und aschenfreiem Zustande angegeben. Um vergleichen zu können, in welcher Weise die Verkohlung des Holzes zersetzend auf letzteres wirkt, sei hier eine Tabelle der Zusammensetzung einiger Pulverkohlen angegeben:*)

Percente der in den Kohlen gefundenen Elemente				Ort der Pulverfabrik
Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff	Asche	
81·028	3·2398	14·9810	0·7802	Angoulême.
73·961	3·0190	22·5750	0·4750	Bouchet.
80·364	3·6140	15·1437	0·9425	Metz.
74·894	3·6120	21·0242	0·4750	Saint-Chamas.
79·928	3·1886	16·0259	0·8685	Saint-Médard.
81·067	3·0022	15·0250	0·9125	Saint-Ponce.
76·010	2·9821	19·8646	1·6410	Vonges.
83·034	3·4210	12·0960	1·4460	Esquerdes.

Wir bemerken hierbei Pulverkohlen von ungefähr 74 Percent Kohlenstoff und solche von circa 81 Percent Kohlenstoff. Erstere nennt man Rothkohlen, letztere Schwarzkohlen. Die bei 270° dargestellte Kohle, welche braunroth und zerreiblich ist, wird Rothkohle genannt. Kohle bei einer Temperatur erzeugt, die über 280°

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei." Bearbeitet von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 43.

Digitized by Google

liegt, hat eine dunklere Farbe und beginnt bei 340° schwarz zu werden. Die bei dieser und höherer Temperatur dargestellte Kohle heißt Schwarzkohle. Sie läßt sich, falls bei ihrer Darstellung die Temperatur von 430° nicht viel überschritten wurde, leicht zerkleinern. Die bei Temperaturen zwischen 1000° und 1500° erzeugte Kohle ist sehr schwarz, hart und widersteht dem Reiben. Die bei der Temperatur des schmelzenden Platins bereitete Kohle ist tief schwarz, läßt sich nur schwierig zerbrechen und besitzt metallischen Klang.

Die physikalischen Eigenschaften der Holzarten, soweit sie bei der Fabrikation der Pulverkohle in Betracht kommen.

a) Das specifische Gewicht der Hölzer.*) Man hat zunächst zu unterscheiden zwischen den specifischen Gewichten im grünen und im trockenen Zustande, welche wir beide aus nachfolgenden Tabellen kennen lernen:

Namen der Hölzer	specifisches Gewicht im grünen Zustande	Namen der Hölzer	specifisches Gewicht im grünen Zustande
Eiche	0·93—1·28	Esche	0·70—1·14
Apfelbaum	0·95—1·26	Roßkastanie . . .	0·76—1·04
Hainbuche . . .	0·92—1·25	Pappel	0·73—1·07
Eibe	0·97—1·10	Akazien	0·75—1·00
Zwetschkenbaum . .	0·87—1·17	Weide	0·73—0·97
Buche	0·90—1·12	Erle	0·63—1·01
Tanne	0·77—1·23	Lärche	0·52—1·00
Ulme	0·73—1·18	Linde	0·61—0·87
Birke	0·80—1·09	Fichte	0·40—1·07
Ahorn	0·87—1·05	Kiefer	0·38—1·03

*) Vergleiche hierüber: „Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial" von Dr. A. Mayer. Braunschweig 1872, S. 48—52; Nördlinger: „Die technischen Eigenschaften der Hölzer", S. 507

Digitized by Google

Namen der Hölzer	specifisches Gewicht im trockenen Zustande	Durchschnitt
Eiche	0·69—1·03	0·89—0·80 schwer
Eibe	0·74—0·94	
Zwetschkenbaum	0·68—0·90	0·79—0·70 mittelschwer
Esche	0·57—0·94	
Apfelbaum	0·66—0·84	
Buche	0·66—0·83	
Hainbuche	0·62—0·82	
Akazien	0·58—0·85	
Ulme	0·56—0·82	0·69—0·60 ziemlich leicht
Ahorn	0·61—0·74	
Birke	0·51—0·77	
Lärche	0·44—0·80	
Roßkastanie	0·52—0·63	0·59—0·50 leicht
Erle	0·42—0·64	
Weide	0·43—0·63	
Kiefer	0·31—0·74	
Tanne	0·37—0·60	0·49—0·40 sehr leicht
Fichte	0·35—0·60	
Linde	0·32—0·59	
Schwarzpappel	0·39—0·52	

Man verwendet zur Pulverkohlen-Fabrikation nur leichte Hölzer, wie beispielsweise Erlen-, Weiden-, Linden- und Pappelholz. Denn nur die leichten Hölzer liefern eine zur Schießpulver-Fabrikation taugliche, das heißt leichte, leicht entzündliche und leicht zerreibliche Kohle.

Das specifische Gewicht der Hölzer im trockenen Zustande hängt ab von dem eigentlichen Gewicht der Holzmasse und von der Zahl und Größe der Hohlräume, die die betreffende Holzart besitzt. Das eigentliche Gewicht der

bis 544; Muspratt: „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe". Deutsch von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 3, S. 162—166; Dingler's „Polytechn. Journal", Band 166, S. 224.

Digitized by Google

festen Holzsubstanz ist für alle Hölzer nahezu dasselbe.*) Es wiegt nämlich 1 Kubikcentimeter fester Holzmasse etwa 1·2 Gramm. Das specifische Gewicht der Hölzer im trockenen Zustande ist also nur abhängig von der Zahl und Größe der Hohlräume, die sie besitzen. Die leichten zur Pulverkohlen-Gewinnung tauglichen Holzarten besitzen also zugleich auch die meisten Hohlräume (Poren).

b) Die Härte der Hölzer. Dieselbe ist abhängig von der eigentlichen Härte der festen Holzmasse und namentlich auch von der Zahl und Größe der Hohlräume des Holzes. Die Härte der festen Holzsubstanz ist bei den verschiedenen Holzarten nicht sehr verschieden, und so finden wir denn, daß ebenso wie das specifische Gewicht auch die Härte des Holzes im wesentlichen abhängt von der Zahl und Größe der Hohlräume der betreffenden Holzart. Es werden demnach die porösesten, das heißt leichtesten Hölzer im Allgemeinen auch die weichsten, die schwersten auch die härtesten sein. Zum Beweis dessen sei hier eine Zusammenstellung**) über die Härte der Hölzer angeführt.

I. Steinhart: Ebenholz u. a.
II. Beinhart: Sauerdorn, Syringe u. a.
III. Sehr hart: Mandelbaum, Weißdorn u. a.
IV. Hart: Ahorn, Hainbuche, Wildkirsche, Eibe u. a.
V. Ziemlich hart: Esche, Platane, Zwetschkenbaum, Akazie, Ulme u. a.
VI. Etwas hart: Buche, Eiche, Nußbaum, Birnbaum, Apfelbaum, Edelkastanie u. a.

*) „Die chemische Technologie des Holzes als Baumaterial" von Dr. A. Mayer. Braunschweig 1872, S. 51.

**) Nördlinger: „Technische Eigenschaften der Hölzer", 1860, S. 235; A. Mayer: „Die chemische Technologie des Holzes als Baumaterial", 1872, S. 62.

Digitized by Google

VII. Weich: Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Erle, Birke, Roßkastanie, Weide (Salix caprea) u. a.

VIII. Sehr weich: Linde, Pappel, Weide (Salix alba) u. a.

Meistens sind es die langsam wachsenden Hölzer, welche die größte Härte erlangen. Zugleich finden wir auch bei einer Vergleichung dieser Zusammenstellung mit der vorletzten, daß wir meistens diejenigen Hölzer, welche dort als leicht oder sehr leicht sich erwiesen, hier als weich oder sehr weich wiederfinden. Im Allgemeinen können wir also sagen, daß die weichen Hölzer zugleich auch leichte sind.

Nachdem wir nunmehr die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Holzarten, soweit sie uns hier interessiren, kennen gelernt haben, wenden wir uns der Auswahl der Hölzer zur Pulverkohlen-Fabrikation zu.

Auswahl der Hölzer.*) Nur die leichten und weichen Hölzer eignen sich zur Gewinnung von Pulverkohle, denn nur sie geben eine poröse, leichte, leicht zerreibliche und leicht entzündliche, schnell verbrennende und wenig Asche hinterlassende Kohle. Das Holz der Tanne und Fichte läßt sich, obwohl es leicht und weich ist, wegen seines Harzgehaltes nicht zur Pulverkohlen-Fabrikation verwenden. Wegen ihres Gehaltes an Kieselsäure sind alle Gräser von der Anwendung zur Pulverkohle ausgeschlossen. Steinkohle, Braunkohle, Anthracit, Graphit und Coaks eignen sich wegen ihrer Dichtigkeit nicht dazu.

Je reicher das Holz an Holzstoff (Cellulose) ist, eine um so brauchbarere Kohle wird man erhalten. Verfaultes

*) Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", frei bearbeitet von Dr. Stohmann und Prof. Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 1124. „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. Upmann und Dr. E. von Meyer. Braunschweig 1874, S. 30.

Digitized by Google

Holz, namentlich von Weiden und Rothbuchen, liefert beim Verkohlen eine vorzügliche, leicht zerreibliche und höchst entzündliche Kohle mit wenig Rückstand beim Verbrennen.

In Deutschland nimmt man zur Fabrikation der Pulverkohlen Faulbaum-, Weiden- und Erlenholz, in Oesterreich Hundsbeer- oder in dessen Ermangelung Hasel- oder Erlenholz, in der Schweiz nur Haselholz. In Frankreich verwendet man neben Faulbaumholz Pappel-, Linden- und Spindelbaumholz, in Spanien Oleander, Taxus, Weiden, Hanfstängel und Weinreben, während man in Italien sich ausschließlich der Hanfstängel bedient. In England gebraucht man neben Weiden- und Faulbaumhölz auch das von Kornelkirschen und Erlen, in Dänemark nur Erlen und in Schweden Erlen- und Weidenholz.

Früher hielt man das Faulbaumholz allein für geeignet zur Gewinnung einer guten Pulverkohle. Gegenwärtig stellt man, wie wir soeben gesehen haben, aus einer ganzen Reihe leichter, weicher und harzfreier Hölzer Pulverkohle dar und jedes Land nimmt eben diejenigen Holzarten, welche es hauptsächlich erzeugt.

Nur das eigentliche Holz, die ausgebildete, unter Rinde, Bast und Splint der Gewächse liegende Pflanzenfaser liefert eine brauchbare Pulverkohle.

Die beste Pulverkohle giebt der Hanf, doch muß er von so kräftigem, starkem Wuchse sein, wie ihn nur ein südliches Klima liefert. Man verwendet den Faserstoff davon in gewöhnlicher Weise zur Anfertigung von Leinwand und benutzt das davon Uebrigbleibende zur Verkohlung.

Die Ausbeute an Pulverkohle, welche man aus gleichen Gewichtstheilen der verschiedenen Holzarten beim Verkohlen erhält, ist eine sehr wechselnde, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Digitized by Google

Name der Holzart	Erhaltene Menge von Kohle aus 100 Theilen Holz
Vermoderte Weide	52·17
Pappel (Wurzel)	40·90
Hanfstängel	39·22
Spindelbaum	36·60
Weinstock	36·53
Erle	34·40
Weide	33·74
Faulbaum	33·61
Haselstaude	32·79
Linde	31·85
Pappel (Stamm)	31·12
Roßkastanie	30·86

Die Fällungszeit des zum Verkohlen bestimmten Holzes. Man vermeidet vor Allem, das Holz zu einer Zeit zu fällen, wo sein Saft viel Salze gelöst enthält. Indem die pflanzensauren Salze beim Verkohlen sich in kohlensaure Salze verwandeln, ist Gelegenheit zur Bildung von kohlensaurem Kali (Potasche) in der Pulverkohle gegeben. Diese Bildung sucht man aber auf's ängstlichste zu vermeiden. Denn das kohlensaure Kali zieht Feuchtigkeit sehr stark an und macht deshalb ein mit solcher Pulverkohle bereitetes Schießpulver völlig untauglich.

Aus diesem Grunde fällt man die Bäume, deren Holz zur Gewinnung von Pulverkohle dienen soll, im Frühjahr, weil sie zu dieser Jahreszeit im vollsten Safte stehen, dieser aber sehr wässrig ist und wenig Salze gelöst enthält. Von solchem saftigen Holze läßt sich auch die Rinde leicht abschälen, was immer gleich nach dem Fällen geschehen muß. Man vermeidet das Fällen und Schneiden des Holzes über die Mitte des Sommers hinaus und gestattet es nie im

Digitized by Google

Herbst oder gar im Winter. Denn während im Frühjahr die Pflanzensäfte sich mit den in ihnen gelösten Salzen nach den dünnen Zweigen und den Blättern, wo das Leben des Baumes und sein Wachsthum sich entfaltet, hinziehen, verlassen im Herbste vor dem Blattabfall die Säfte die Blätter und ziehen allmälich durch die Blattstiele, Zweige und Aeste in den weichen Theil des Stammes zurück. Dort harren die Salze im Marke, in den Markstrahlenzellen und in der Bastschicht bis zum nächsten Frühjahr, um alsdann auf's neue ihre Arbeit, die Bildung und Umbildung der Pflanzenbestandtheile zu übernehmen.*) Es ist uns jetzt also klar, weshalb das zur Gewinnung von Pulverkohle dienende Holz nicht im Herbst oder Winter gefällt werden darf. Denn die dicken Zweige und das Stammholz enthalten ja während dieser Zeit beinahe die ganze Summe von Salzen, welche der Baum überhaupt besitzt. Man würde also eine sehr salzreiche (aschenreiche) Pulverkohle mit solchem Holz bekommen und die Kohle würde eine beträchtliche Menge kohlensauren Kalis enthalten, dessen verderblichen Einfluß wir oben schon kennen gelernt haben.

Außerdem aber läßt sich bei im Herbst oder Winter gefälltem Holze die Rinde nicht gehörig ablösen, in Folge dessen die zurückbleibenden Theile derselben bei der Verkohlung eine dichte, schwerer entzündliche Kohle geben als das Holz. Auch geht die Verflüchtigung des Sauerstoffes und Wasserstoffes bei der Verkohlung des in voller Saftzeit gefällten Holzes schneller und leichter von statten, und die Kohle wird lockerer und zarter.**)

*) Vergleiche Prof. Ebermayer: „Chemische Statistik des Waldbaues", Einleitung.

**) Muspratt: „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 1125.

Digitized by Google

Da die Dicke der Hölzer einigen Einfluß auf die Entzündlichkeit der Kohle hat, so nimmt man am liebsten Zweige von 2·6 Cm. Dicke, etwas stärkere Zweige werden gespalten. Bei den Lieferungsverträgen wird sehr häufig ausbedungen, daß die Länge der Hölzer genau 0·31 Meter betrage, in allen Fällen aber muß das Holz frei von Rinde geliefert werden. Gegenwärtig beträgt der Preis für einen Kubikmeter Faulbaumholz etwa 13½ Mark.*)

Die Aufbewahrung des Holzes bis zu seiner Verwendung ist an verschiedenen Orten eine ganz verschiedene. Während man in Dresden das Holz vor den Einwirkungen des Regens ängstlich in großen Schuppen birgt, stapelt man in der Pulverfabrik zu Spandau dasselbe an einem durch Bäume geschützten Orte während zwei bis drei Jahren im Freien auf, um dem Regen Gelegenheit zu geben, die in dem Holze enthaltenen Säfte auszuwaschen.

In England setzte man früher das zur Verkohlung bestimmte Holz zehn bis zwölf Jahre hindurch der Witterung aus; es wurde alsdann nicht nur der Saft durch den Regen völlig ausgewaschen, sondern auch durch den Einfluß von Luft und Wärme eine Zerstörung der Spiralgefäße des Holzes herbeigeführt.

Auf weit raschere Weise entfernt man die Säfte aus dem Holze, indem man letzteres unter erhöhtem Druck mit Wasserdampf behandelt. Je mehr nun die ausgebildete Pflanzenfaser zur Verkohlung gelangt, je vollständiger alle mineralischen Bestandtheile des Saftes daraus entfernt sind, desto aschenfreier und tauglicher wird die Pulverkohle werden.

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer. Braunschweig 1874, S. 33.

Digitized by Google

Die Gewinnung der Pulverkohle.*) Die Verkohlung des Holzes kann man in Meilern, Gruben, Kesseln, Oefen oder in Cylindern vornehmen.

Die Verkohlung in Meilern wurde früher allgemein zur Erzeugung von Pulverkohle angewendet. Die großen Nachtheile der Meilerverkohlung sind: die ungleichförmige Verkohlung der ganzen Masse, sowie die Verunreinigung der Kohle mit den Bestandtheilen der Bekleidung des Meilers (Sand, Erde u. s. w.). Gegenwärtig wird die Meilerverkohlung (zum Zwecke der Pulverkohlengewinnung) höchstens noch in Schweden, am Harz und in Tirol wohl kaum mehr angewendet.

Die Verkohlung des Holzes in Gruben wird hauptsächlich nur noch in Spanien (zur Verkohlung der Hanfstängel) angewendet. Für eine Beschickung von 500 bis 1000 Kilogr. besitzen die Gruben, welche eine viereckige oder runde Gestalt haben, eine Tiefe von 1 Meter und eine Weite von 3 Meter. Besser ist es, wenn man die Breite bedeutend verringert und die Tiefe etwas größer nimmt, weil hierdurch das Einäschern eines Theiles der Kohlen vermieden wird.

---

*) Kahl: „Ueber die Fabrikation von Pulverkohle", „Journal für praktische Chemie", Band 67, S. 385; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 141, S. 292: „Ueber Verkohlung", siehe auch „Journal für praktische Chemie", Band 8, S. 321; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 91, S. 374; Band 92, S. 46; Band 95, S. 367; Muspratt: „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 3, S. 191—214; Band 4, S. 1132 bis 1142; H. Welti: „Beiträge zur Kenntniß der Pulverkohle", „Zeitschrift für die schweizerische Artillerie", 1870, Nr. 8 und 9, S. 147 bis 155; „Das Schießpulver ꝛc." von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer, Braunschweig 1874, S. 41—60.

Digitized by Google

Das in fußlange Stücke gespaltene Holz kommt bündelweise in die Grube und wird von unten angezündet. An den Stellen, wo es zu dicht liegt, wird es mit einer Gabel aufgelockert und neues Holz nachgefüllt, sobald die gebildete Kohle zusammensinkt. Zeigt sich keine Flamme mehr, so betrachtet man die Verbrennung als beendet, vorausgesetzt, daß so viele Holzbündel nachgelegt wurden, daß die Grube mit Kohlen gefüllt ist. Letztere werden mit einer nassen, wollenen Decke bedeckt. Auf diese wird Erde geworfen und dieselbe mit den Füßen festgestampft, so daß zwischen der Kohle und der Decke kein leerer Raum bleibt.

Nach drei bis vier Tagen wird die Grube entleert. Wollte man es schon früher thun, so würde man Gefahr laufen, daß sich die Kohlen an der Luft entzündeten. Von der abgekühlten Grube nimmt man vorsichtig die Erde und die Decke ab, bringt die Kohlen mit einer Schaufel heraus und sondert die Brände oder nicht verkohlten Theile aus. Im Durchschnitt erhält man von 400 Bündeln von je 15 Kilogr., zusammen also 6000 Kilogr. Holz, 950—1000 Kilogr., das ist 16—17 Percent Kohle.

Die Verkohlung in Kesseln wird in kleineren Pulvermühlen zuweilen vorgenommen. Auch zur Bereitung von Schwarzkohle ist dieses Verfahren in Frankreich noch vielfach in Anwendung.

Die Verkohlung in Kesseln ist eine Vervollkommnung der Grubenverkohlung. Das Holz wird wenigstens nicht mit Sand u. s. w. verunreinigt. Dagegen aber ist die erhaltene Kohle durchaus ungleichartig in ihrer Zusammensetzung. Am Rande des Kessels, wo die Wärme abgeleitet wird, bildet sich Rothkohle (mit etwa 73 Percent Kohlenstoff), während im Innern des Kessels Schwarzkohle (mit 83 Percent Kohlenstoff) entsteht. Es muß deshalb erstere, welche nur für Jagd-

Digitized by Google

pulver verwendbar ist, von letzterer jedesmal durch Sortiren getrennt werden.

Die Kessel sind in die Erde eingegraben. Man wirft zunächst einige Hände voll angezündetes Holz in dieselben, darauf allmälich das zu verkohlende Holz. Wenn der Kessel gefüllt ist, bedeckt man ihn mit einem gußeisernen Deckel, welcher mit einigen kleinen Oeffnungen versehen ist, durch welche die flüchtigen Producte entweichen können.

Man erhält nach dieser Methode aus 100 Kilogr. Faulbaumholz von gewöhnlicher Feuchtigkeit ungefähr 20 Kilogr. Schwarzkohle.

Die Verkohlung in Oefen. Herd und Wölbung des Ofens sind aus Ziegelsteinen aufgemauert. Der Ofen hat an der vorderen und hinteren Seite eine Thür. Nachdem das Holz eingefüllt ist, wird es angezündet, beide Thüren sind dabei geöffnet.

Hat das Feuer genügend um sich gegriffen, so schließt man die Thür, durch welche man es angezündet hat. Durch die andere, noch geöffnete Thür ziehen die Rauchgase ab. Nähert sich die Verkohlung ihrem Ende, so schließt man auch die zweite Thür.

Nach etwa $1^1/_4$ Stunden zieht man die Kohlen heraus und läßt sie in blecherne Kohlendämpfer fallen, in welchen sie zwei Tage bleiben.

In der Schweiz nimmt man das Verkohlen in einem aus großen Steinplatten zusammengesetzten vierseitigen, oben offenen Ofen vor. Die 2·5 Meter langen Haselholzzweige werden aufrecht stehend in den 0·6—0·9 Meter weiten und ungefähr 2—3 Meter hohen Ofen eingesetzt, entzündet und niedergebrannt.

Die Nachtheile der Ofenverkohlung liegen darin, daß sich nur sehr schwierig eine Pulverkohle von gewünschter

Digitized by Google

Beschaffenheit erhalten läßt, sowie daß die Kohle fast stets mit oben aufhaftendem Glanzruß bedeckt ist.

Der Glanzruß entsteht durch Verdichtung der Theerdämpfe auf der Holzkohle. Er macht die Pulverkohle schwer entzündlich. Bei der in der Schweiz üblichen Methode umgeht man zwar dadurch, daß der oben offene Ofen den Theerdämpfen rasch und vollständig einen Ausweg gewährt, die Bildung von Glanzruß. Indessen bleibt immerhin die Verkohlung in Oefen, einerlei mit welchen Abänderungen und Verbesserungen sie geschieht, ebensowenig wie die vorhergenannten Verkohlungsmethoden empfehlenswerth.

Den Uebergang von der Ofenverkohlung zur Cylinderverkohlung bildet das in Dänemark übliche Verfahren. Je 6—7 Kilogr. Hölzer werden in eiserne Kästen gebracht und mit letzteren ein Ofen von drei Etagen beschickt. Die Verkohlung dauert ungefähr eine Stunde und wird eingestellt, wenn die blaue Flamme aus den angebrachten Oeffnungen herausschlägt. Die fertige Kohle bleibt 18—24 Stunden in einem luftdicht verschlossenen Raum. Man erhält aus 6 bis 7 Kilogr. Erlenholz 1·5—1·75 Kilogr. oder 25 Percent Kohle.

Die Verkohlung des Holzes in Cylindern. Dieselbe kann auf zweierlei Weise ausgeführt werden: entweder erhitzt man die Cylinder durch directes Feuer oder man bringt Wasserdampf auf eine bestimmte Temperatur und bewirkt dann durch diesen die Verkohlung des Holzes.

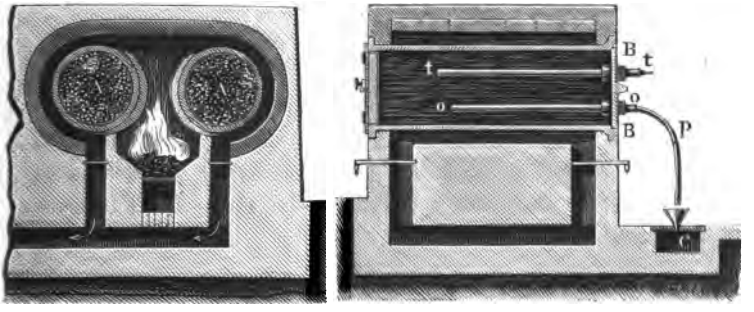
a) Verkohlung durch directes Feuer.*) Diese ältere Art der Cylinderverkohlung wurde im Jahre 1797

*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 39, S. 278 und Band 73, S. 206; Muspratt: „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe". 2. Aufl., Band 4, S. 1133—1141; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer. Braunschweig 1874, S. 44—54.

in England eingeführt. Bischof Landloff erfand dieses auch jetzt noch in den meisten Pulverfabriken angewendete Verfahren. Dasselbe wurde anfangs geheim gehalten. Im Jahre 1802 jedoch veröffentlichte Collmann eine ausführliche Beschreibung der Cylinderverkohlung und von dieser Zeit an wurde dieselbe auch in den übrigen europäischen Staaten eingeführt.

Bei sorgfältiger Leitung der Operationen erhält man bei der Cylinderverkohlung eine Kohle von ziemlich gleichmäßiger Beschaffenheit. Wenn jedoch nicht dafür gesorgt

Fig. 4. Fig. 5.



wird, daß die bei der Destillation entstehenden Theerdämpfe rasch und vollständig abziehen können, so bedeckt sich die Kohle leicht mit Glanzruß, der wegen seiner schweren Entzündbarkeit die Verbrennung der Kohle und somit auch die leichte Entzündbarkeit des Schießpulvers erschwert. Deshalb giebt man meistens die sich entwickelnden Theerdämpfe völlig verloren und leitet sie direct aus den Cylindern, ohne daß sie irgend welchen Druck zu überwinden haben, unter die Oefen, wo sie verbrennen und zur Heizung der Cylinder beitragen.

Digitized by Google

Wir beschreiben nun zunächst die Cylinderverkohlung mit einem bestimmten Beispiele, nämlich so, wie sie in der Pulverfabrik zu Le Bouchet ausgeführt wird.

Das Innere des Verkohlungsraumes ist in Le Bouchet 23·8 Meter lang und 9·6 Meter breit. In diesem Raume befinden sich zwölf Feuerungen.

Die Cylinder sind von Eisenblech, 2 Meter lang, 0·67 Meter weit und 0·025 Meter dick. Sie liegen nur auf ihren Enden auf und sind derart angeordnet, daß sie paarweise von einer gemeinschaftlichen Feuerung geheizt werden.

Unter der Mitte zweier zusammengehöriger Cylinder (Fig. 4 und 5) AA liegt der Rost. Die Feuergase steigen zwischen beiden Cylindern empor, biegen dann rechts und links über beiden nach unten und gelangen in einen Canal, welcher zum gemeinsamen Schornstein führt.

Da wo die Flamme die Cylinder direct umspielt, sind dieselben mit Thon beschlagen, um ein gleichmäßiges Erhitzen zu ermöglichen, sowie ein baldiges Durchbrennen zu vermeiden.

Die Cylinder sind an beiden Enden mit Deckeln geschlossen. Am hinteren Deckel B bemerken wir ein in den Cylinder führendes Rohr o, an welches außerhalb das kupferne Rohr p angeschraubt ist. Durch o und p werden die Theerdämpfe nach C geführt, wo sie sich theils verdichten, theils unverdichtet in den Schornstein entweichen.

In die Blechröhre t werden Holzstäbe eingeschoben und die Oeffnung bei B luftdicht abgeschlossen. Von Zeit zu Zeit zieht man diese hölzernen Probestäbe heraus, um an ihrer mehr oder weniger vorgeschrittenen Verkohlung den ganzen Verkohlungsproceß des Holzes und die im Cylinder herrschende Temperatur beobachten zu können.

Digitized by Google

An anderen Orten jedoch hat man das Probeziehen als völlig überflüssig aufgegeben und statt dessen einen Hahn angebracht, um die aus dem Holze entweichenden Gase zu beobachten. An der Färbung und dem Geruch der Gase kann man sehr gut das jeweilige Stadium der Verkohlung erkennen (siehe weiter unten).

Der vordere Deckel des Cylinders ist hohl und der innere Raum desselben — um einen zu großen Verlust an Wärme zu vermeiden — mit einer Schicht von Asche, Lehm und Kohlenstaub angefüllt.

In der Pulverfabrik zu Dresden heizt man jeden Cylinder für sich allein, wodurch man den ganzen Proceß der Verkohlung leichter reguliren kann. Zugleich ist an der unteren Seite eines jeden Cylinders ein Blechmantel befestigt, welcher 0·026 M. vom Cylinder absteht. Der Zwischenraum ist mit einer Mischung von Kohlengestübe und Thon ausgefüllt. Durch diese Anordnung soll verhütet werden, daß die Flamme den Cylinder direct umspielt.

In der Pulverfabrik zu Spandau verkohlt man das Holz seit neuester Zeit in beweglichen Cylindern, welche 1·24 M. lang, 0·6 M. weit sind und 90 Kg. Holz fassen. Der mit Holz geladene Cylinder wird an den Ofen gefahren und auf zwei der Länge nach in demselben angebrachten Eisenbahnschienen, welche vollkommen frei über dem Roste liegen, geschoben.

In Spandau hat man auch zur Bestimmung der jeweiligen Temperatur, welche im Verkohlungs-Cylinder herrscht, ein Pyrometer eingeführt, welches sich ausgezeichnet bewährt hat. Dieser Pyrometer besteht aus einem Stabe von Bronze, dessen eines Ende auf einem festen Punkte ruht, während das andere auf das kürzere Ende eines Winkelhebels wirkt. Durch die Wärme dehnt sich

Digitized by Google

der Bronzestab aus, bringt dadurch das kürzere Ende des Hebels aus der Lage und bewirkt in Folge dessen eine Drehung des längeren Hebelarmes. Letzterer spielt auf einem mit Theilung versehenen Kreisbogen, welche ein directes Ablesen der jeweiligen Temperatur gestattet.

Bei festliegenden Cylindern ist es auch bei vorsichtigster Leitung des Processes nicht zu vermeiden, daß die den Cylinderwänden anliegenden Holzstücke schneller und stärker verkohlen als die in der Mitte liegenden. Man hat deshalb neuerdings (in Schweden) rotirende Cylinder eingeführt, welchen man während des Verkohlens alle halbe Stunde eine Drehung von 90 Grad um ihre horizontale Achse ertheilt. Durch diese Drehungen werden auch die ursprünglich im Innern des Cylinders befindlichen Holzstücke nach und nach an die Seitenwände des Cylinders gerollt und in Folge dessen eine gleichmäßigere Verkohlung erzielt. Auch an Brennmaterial wird gespart. Die rotirenden Verkohlungs-Cylinder sind jedoch noch zu vereinzelt in Anwendung, als daß sich jetzt schon ein endgiltiges Urtheil über ihre Verwendbarkeit abgeben ließe.

Was die Dimensionen der Verkohlungs-Cylinder betrifft, so wird das Holz desto gleichmäßiger verkohlt, je kleiner die Cylinder sind. In demselben Maße jedoch steigen gleichzeitig die Kosten der Feuerung. Die Weite der Cylinder bleibt sich in den einzelnen Staaten ziemlich gleich, während die Länge zwischen 1·24 M. und 2·17 M. schwankt.

In manchen Fabriken (z. B. zu Waltham-Abbey) hat man, um den Betrieb zu einem möglichst ununterbrochenen zu machen, die Einrichtung getroffen, daß das zu verkohlende Holz in blecherne Behälter kommt und letztere in gußeiserne Cylinder eingeschoben werden. So wie das

Digitized by Google

Holz verkohlt ist, zieht man die blechernen Cylinder heraus und schiebt sofort neue ein.

Wir kommen nunmehr zum Laden der Cylinder. Das Holz wird entweder in einzelnen Stäben oder in Bündeln, die mit Strohbändern zusammengebunden sind, in den Cylinder eingeführt. Im letzteren Falle löst man das Strohband ab, nachdem das Bündel eingetragen ist, und füllt etwa vorhandene Lücken mit Holz nach. Man füllt den Cylinder nicht ganz bis oben an, sondern läßt einen kleinen freien Raum für die sich entwickelnden Gase und Theerdämpfe. Den vorderen und hinteren Theil des Cylinders, mit welchem derselbe auf der Mauer ruht, läßt man ebenfalls frei von Holz, weil ja diese Stellen von der Flamme nicht berührt werden.

Ist der Cylinder mit Holz gefüllt, so setzt man die Deckel ein, verschmiert die Fugen mit Lehm und beginnt langsam zu erhitzen. Das beste Feuerungsmaterial ist Torf, da derselbe den Cylinder am gleichmäßigsten erhitzt. Aber auch klein gepochte Kohlen werden vielfach angewendet.

Zuerst heizt man nur den vorderen Theil des Cylinders. Sowie aber — nach etwa einer halben Stunde — aus der Gasröhre ein weißlicher Rauch tritt, beginnt man auch hinten schwach zu erhitzen. Dieses erste Anfeuern muß sehr vorsichtig geschehen. Wir haben ja bereits früher gesehen, daß das Holz nur bei langsamer, nicht zu starker Erhitzung eine große percentische Ausbeute an Kohle giebt. Es darf deshalb auch die Flamme in keinem Falle bis an die Cylinder reichen.

Ungefähr fünf Stunden, nachdem man mit dem Anheizen begonnen hat, fängt die eigentliche Destillation an. Zugleich beginnt der Rauch brenzlich zu riechen und erscheint gelb gefärbt. Allmälich ändert sich die Farbe des

Digitized by Google

Rauches wieder in's Weißliche und geht schließlich in's Blaue über. Dies ist das Erkennungszeichen, daß die Verkohlung vollendet ist. In Fabriken, wo man die entwickelten Gase zur Feuerung verwendet, entscheidet die Farbe der brennenden Gase.

Nach beendeter Verkohlung bleibt die Kohle noch einige Zeit in den Cylindern zur Abkühlung. In manchen Fabriken ist dafür eine Stunde, in anderen ein voller Tag vorgeschrieben. Ebenso verschieden ist auch die eigentliche Dauer der Verkohlung, sie schwankt an den verschiedenen Orten zwischen 6 und 12 Stunden. Will man Kohle für Jagdpulver, so erhitzt man äußerst langsam, um überwiegend die für das Jagdpulver allein taugliche, leicht entzündliche und bei niederer Temperatur sich bildende Rothkohle zu erhalten.

Nachdem die Kohle sich genügend abgekühlt hat, schüttet man sie schnell aus dem Cylinder in cylindrische eiserne Gefäße, Dämpfer genannt. Letztere werden mit einem gut schließenden Deckel verschlossen. In den Dämpfern bleibt die Kohle wenigstens vier Tage, worauf sie gekleint wird.

Das Ablöschen der Kohlen mit Wasser, welches zur Beschleunigung der Abkühlung im vorigen Jahrhundert in Frankreich einige Zeit eingeführt war, ist durchaus zu verwerfen, weil mit auf diese Weise behandelter Kohle ein Pulver schlechtester Qualität erhalten wird.

Die Cylinderkohle wird auch destillirte Kohle genannt.

Für die preußische Pulver-Fabrikation ist 29 Percent als normale Verkohlungsstufe festgesetzt. Es will dies sagen, daß aus 100 Theilen vollkommen ausgetrockneten Holzes 29 Theile Kohle erhalten werden sollen. Da es jedoch nicht möglich ist, ganz genau diese Verkohlungsstufe

Digitized by Google

innezuhalten, so ist eine Differenz von ein Percent darüber und ein Percent darunter zugegeben, so daß also eine Kohle innerhalb der Grenze von 28 bis 30 Percent producirt wird.

Durch Versuche ist festgestellt worden, daß jede Kohle, deren Gewicht mehr als 30 Percent vom Gewichte des vollkommen ausgetrockneten Holzes beträgt, die Dauer und Haltbarkeit des Geschützes in sehr empfindlicher Weise beeinträchtigt. Für das Pulver der Handfeuerwaffen dagegen kann das Gewicht der Kohle bis zu 40 Percent des Holzgewichtes ansteigen, ohne Nachtheil für das Gewehr und mit Vortheil in Bezug auf Wirksamkeit des Pulvers.

Die Cylinderkohle stellt keineswegs ein völlig gleichmäßiges Product dar. Denn neben der Schwarzkohle erhält man durch die Verkohlung in Cylindern regelmäßig auch Rothkohle.

Folgende Tabelle veranschaulicht das Verhältniß in der Ausbeute an Rothkohle und Schwarzkohle, wie es bei mehreren in Esquerdes mit Faulbaumholz von 10 bis 12 Percent Feuchtigkeit angestellten Versuchen*) sich ergab.

Es wurden erhalten aus 100 Gewichtstheilen Kohlholz:

Ausbeute		
Rothkohle	Schwarzkohle	Zusammen
12·79	20·12	32·91
16·39	14·89	31·28
15·47	16·00	32·47
12·07	20·25	32·32
Mittel: 14·18	17·81	32·17

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 48 und 49.

Digitized by Google

Da die Schwarzkohlen beträchtlich mehr Kohlenstoff und weniger Sauerstoff und Wasserstoff als die Rothkohlen enthalten, so folgt daraus, daß die Kohlen von verschiedenen Stellen des Cylinders auch verschiedene chemische Zusammensetzung zeigen werden. Denn an den heißesten Stellen werden sich die kohlenstoffreichsten und an den am wenigsten heißen Stellen die kohlenstoffärmsten Kohlen finden.

Es beweisen dies die chemischen Analysen der aus verschiedenen Stellen der Cylinder entnommenen Kohlen, wovon wir hier folgende Zahlen mittheilen:

Ort, woher die Kohlen entnommen	Zusammensetzung			
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Asche
Kohle von vorn und oben im Verkohlungs-Cylinder, Verkohlungs-Temperatur gering	83·88	3·24	11·56	1·33
	85·36	3·82	9·21	1·61
	83·43	3·30	11·80	1·47
	79·22	3·29	16·24	1·25
	77·83	2·71	18·21	1·55
Kohle aus der Mitte des Cylinders	90·39	2·51	5·49	1·61
	91·08	2·69	4·58	1·64
Kohle von hinten und unten im Cylinder, Verkohlungs-Temperatur am stärksten	90·27	2·18	6·14	1·41
	91·10	1·97	5·06	1·87
	92·24	2·03	3·85	1·88

Ein gleichförmigeres Product wird natürlich dadurch erhalten, daß man die aus den verschiedenen Theilen des Cylinders stammenden Kohlen unter einander mischt. Daß jedoch auch dann noch die Pulverkohlen verschiedener Fabriken beträchtliche Abweichungen in ihrer Zusammensetzung zeigen, ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung (Analyse von Rothkohlen):

Digitized by Google

Percentgehalt der Kohlen an				Ort der Pulverfabrik	Zu Jagdpulver
Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff	Asche		
71·1805	2·5210	25·9855	0·3085	Bouchet	extrafein
74·0110	2·6465	22·3475	0·5130		fein
70·3765	2·6550	26·4955	0·4815	Angoulême	—
72·0900	4·3410	22·7105	0·8730	Esquerdes	extrafein
75·6640	3·3820	20·2225	0·7855		fein.

b) Verkohlung des Holzes in Cylindern mit überhitztem Wasserdampf.*) Dieselbe wurde von Violette zum ersten Male im Jahre 1847 in der Pulverfabrik zu Esquerdes eingeführt. Der Wasserdampf wird durch eine Feuerung auf diejenige Temperatur gebracht, bei welcher das Holz verkohlt werden soll. Zur Entfernung sämmtlicher flüchtigen Producte aus der Kohle wendet man eine halbe oder eine Atmosphäre Ueberdruck an.

Den zu dieser Art von Verkohlung benutzten Apparat veranschaulicht Figur 6, welche einen Längendurchschnitt des Apparates giebt.

Wir unterscheiden zunächst zwei concentrische Cylinder aus Eisenblech a a und b b. Der äußere Cylinder a a dient als Gehäuse für den inneren b b. Etwa 25—30 Kg. des zu verkohlenden Holzes bringt man in nicht zu großen

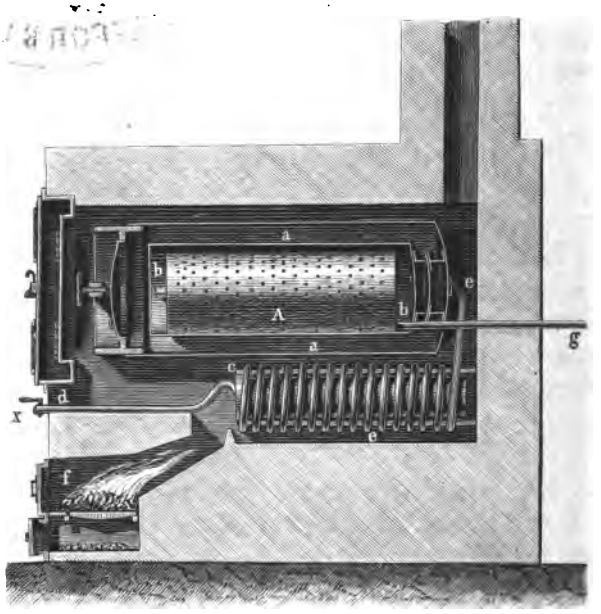
*) Violette in „Annal. de Chim. et de Phys." 1848, S. 475; Dingler's „Polytechn. Journal", Band 110, S. 193; Kahl in „Journ. f. prakt. Chem.", Band 67, S. 398; Dingler's „Polytechn. Journal", Band 141, S. 292; Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", 2. Aufl., Band 3, S. 210, Band 4, S. 1141; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig, 1874, S. 54—60.

Digitized by Google

Stücken in den siebförmig durchlöcherten Cylinder A und schiebt letzteren in den Cylinder b b.

Sowie der Dampf die nöthige Spannung ($^1/_2$—1 At.) hat, zündet man im Feuerraum f das Feuer an. Der Feuerraum ist durch ein kleines Gewölbe überspannt und

Fig. 6.



eine kleine Brücke von feuerfesten Steinen zwingt die Flamme, gegen den oberen Theil des Schlangenrohres c c zu ziehen.

Damit jedoch die Flamme nicht direct in die Achse des Schlangenrohres zieht, ist in letzterer eine an beiden Enden verschlossene Trommel mittels kleiner eiserner Klam-

Digitized by Google

mern befestigt. Durch diese Anordnung wird das Feuer gezwungen, die Windungen des Rohres zu umspülen. Der Cylinder b b ist hinten geschlossen, vorn aber offen. Der Cylinder a a ist an seinem hinteren Ende, wo das Schlangenrohr einmündet, geschlossen, vorn aber mit einem breiten, kreisförmigen Halse aus Gußeisen versehen.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Nachdem eine Viertelstunde lang das Feuer im Feuerraum f gebrannt hat, wird der gefüllte Siebcylinder in b eingeschoben und die mit Thon bestrichene Scheibe des Cylinders a a aufgesetzt. Zwei dicke gußeiserne Thüren, die am linken Ende des Apparates (über d) angebracht sind und die jede äußere Erkaltung des Cylinders verhüten sollen, werden nunmehr geschlossen.

Nach weiteren zehn Minuten, innerhalb welcher Zeit der Thon der Scheibe des Cylinders a a trocken geworden ist, öffnet man den Dampfhahn x und läßt den Dampf einströmen. Derselbe tritt in den Boden des äußeren Cylinders ein, geht in den Zwischenraum zwischen beiden Cylindern nach vorn und von da durch das offene Ende von b b in den Siebcylinder. Er durchdringt die Zwischenräume des Holzes, verkohlt dasselbe und nimmt zugleich die sich entwickelnden Theerdämpfe mit. Durch das hinten am Cylinder b b eingesetzte Kupferrohr entweicht er in die freie Luft (oder wird auch verdichtet).

Durch das kleine Glasfenster bei d beobachtet man das Feuer, welches letztere man sehr sorgfältig regelt, damit die Erhitzung des Dampfes möglichst gleichförmig geschieht.

Nach dem Schmelzen von verschiedenen Metall-Legirungen beurtheilt man die Temperatur im Innern des Verkohlungs-Cylinders.

Digitized by Google

Das jeweilige Stadium der Verkohlung kann man an Farbe und Geruch des bei g ausströmenden Dampfes sehr gut beurtheilen. Sowie der Dampf brenzlich zu riechen beginnt, nimmt die Verkohlung ihren Anfang, alsdann wird er dicker und erhält nach und nach ein verschiedenes Ansehen. Nach zwei Stunden vom Beginn der Destillation an gerechnet entweicht der Dampf farblos, zum Zeichen, daß die Verkohlung beendet ist.

Der Apparat muß jetzt sofort entleert werden. Wollte man auch nur wenige Minuten zögern, so würde die erhaltene rothbraune Kohle sich in schwarze verwandeln. Es wird deshalb der Dampf abgesperrt, die beiden gußeisernen Thüren geöffnet und der Deckel entfernt. Horizontal vor die Oeffnung des äußeren Cylinders wird nunmehr von zwei Arbeitern das Abkühlgefäß, ein großer Cylinder aus Eisenblech, gehalten. Ein dritter Arbeiter steckt durch das Rohr g eine lange eiserne Stange und treibt damit den Siebcylinder heraus, welcher in das Abkühlgefäß fällt.

Sofort nach dem Entleeren füllt man den Siebcylinder wieder mit Holz. Diesmal ist die Verkohlung viel rascher (in zwei statt drei Stunden) beendet, da das Mauerwerk noch sehr heiß ist. In einem Tage vollendet man in der Regel sechs Operationen, von denen jede später folgende immer kürzere Zeit beansprucht. Die letzte ist in $1^1/_2$ Stunden beendet.

An einem Tage erhält man auf diese Weise 50 Kg. gute Kohle.

Man kann mittels überhitzten Wasserdampfes ebensowohl Rothkohlen (für Jagdpulver) als auch Schwarzkohlen (für Militärpulver) gewinnen. Man muß nur, wenn man die Erzeugung letzterer beabsichtigt, den Dampf entsprechend höher erhitzen.

Digitized by Google

In der Pulverfabrik zu Dresden war eine Zeit lang die Verkohlung mit überhitztem Wasserdampf eingeführt. Man erhielt aus lufttrockenem Erlenholz von 11·7 Percent Feuchtigkeit bei 350 Grad C. 29·7 bis 30·3 Percent Ausbeute an Schwarzkohle. Lufttrockenes Faulbaumholz von 11·57 Percent Feuchtigkeitsgehalt gab bei 350 Grad C. eine Ausbeute von 30·2 bis 30·4 Percent; aus Faulbaumholz von 9 Percent Feuchtigkeitsgehalt wurden erhalten bei 410 Grad C. 28·8 Percent und bei 440 Grad C. 26·6 Percent. Faulbaumholz von 10—12 Percent Feuchtigkeit, welches auf Rothkohle mit überhitztem Wasserdampf verkohlt wurde, ergab eine Ausbeute von 35—40 Percent Rothkohle. Schwarzkohle wurde nebenbei gar nicht gebildet.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Verkohlung des Holzes mit überhitztem Dampf zwar an Rothkohle, nicht aber auch an Schwarzkohle eine höhere Ausbeute liefert als die gewöhnliche Cylinder-Verkohlung. Deshalb eignet sich diese Art der Verkohlung auch nur für Erzeugung von Rothkohle für Jagdpulver. Die für Militärpulver ausschließlich verwendete Schwarzkohle stellt man weit vortheilhafter in gewöhnlichen Cylindern dar. Denn nicht nur die percentische Ausbeute ist in letzteren eine größere, sondern auch die Anschaffungskosten eines gewöhnlichen Cylinder-Verkohlungs-Apparates sind beträchtlich geringer als die eines Violette'schen Apparates.

Der Vortheil der Verkohlung mit überhitztem Wasserdampf, welcher in der völlig gleichartigen Zusammensetzung der Dampfkohlen besteht, fällt bei Abschätzung der Vorzüge und Nachtheile dieser Methode — sofern es auf die Bereitung von Schwarzkohle ankommt — nicht in's Gewicht. Denn die ungleichartige Zusammensetzung der gewöhnlichen Cylinderkohlen kann man durch geeignetes Durcheinander-

Digitized by Google

mischen derselben insoweit beseitigen, daß sie auf die Güte des Schießpulvers keinen nachtheiligen Einfluß ausübt.

Deshalb ist die Verkohlung mit überhitztem Wasserdampf bis jetzt nur in wenigen Pulverfabriken eingeführt worden; manche davon, wie die königliche Pulverfabrik zu Dresden, haben dieses Verfahren wieder abgeschafft und sind zur gewöhnlichen Cylinder-Verkohlung zurückgekehrt.

Eigenschaften und Prüfung der Pulverkohle. Das *specifische Gewicht* der Pulverkohle hängt ab von dem specifischen Gewicht der angewendeten Holzart und von der Verkohlungs-Temperatur. Leichte Hölzer geben auch leichte Kohlen. Je höher ferner die beim Verkohlen des Holzes stattgehabte Temperatur, desto dichter die erzeugte Kohle. Während eine bei 150 Grad gewonnene Kohle ein specifisches Gewicht von 1·5 hat, zeigt eine bei 1500 Grad dargestellte Kohle ein specifisches Gewicht von 1·86. Die nachfolgende Tabelle wird das Steigen der Dichtigkeit mit steigender Temperatur noch mehr veranschaulichen.

Verkohlungs-Temperatur: Grad	Specifisches Gewicht der Kohle:
270	1·402
290	1·406
310	1·422
330	1·428
350	1·500
440	1·709
1025	1·841
1250	1·862
1500	1·869

Es sei hier bemerkt, daß man bei der Holzkohle zweierlei specifische Gewichte unterscheidet. Die hier angegebenen Gewichte sind die Gewichte der völlig *luftfreien* Kohle.

Man erhält eine von Luft vollkommen befreite Kohle, wenn man dieselbe acht Tage lang im Wasser verweilen läßt.

Weit leichter jedoch sind die Holzkohlen unter gewöhnlichen Umständen, d. h. wenn ihre Hohlräume mit Luft erfüllt sind. Sie besitzen alsdann je nach der angewendeten Holzart ein specifisches Gewicht von etwa 0·15—0·20.

Was die Entzündlichkeit der Kohle betrifft, so nimmt dieselbe ab mit steigender Verkohlungs-Temperatur. Je leichter, poröser eine Kohle ist und bei je niedrigerer Temperatur sie erzeugt wurde, desto entzündlicher ist sie.

Die Abnahme der Entzündlichkeit mit zunehmender Temperatur ist ungefähr folgende:

Temperatur der Verkohlung:	Temperatur der Entzündung:
260 bis 280 Grad,	340 bis 360 Grad,
290 » 350 »	360 » 370 »
432 »	ca. 400 »
1000 » 1500 »	600 bis 800 »
Schmelzpunkt des Platins	ca. 1250 »

Ein Gemisch von Kohle und Schwefel entzündet sich bei einer viel niedrigeren Temperatur, als die betreffende Kohle allein. Kohlen, die bei Temperaturen zwischen 270 Grad und 400 Grad bereitet sind, entzünden sich, nachdem sie mit Schwefel gemengt sind, schon bei 250 Grad und brennen ganz ab.

Je entzündlicher die Kohle, desto leichter zersetzt sie den Salpeter. Die bei Temperaturen zwischen 270 Grad und 432 Grad bereiteten Kohlen zersetzen den Salpeter bei 400 Grad, die bei Temperaturen zwischen 1000 Grad und 1500 Grad bereiteten Kohlen zersetzen hingegen den Salpeter erst bei der Rothglühhitze.

Digitized by Google

Eine zur Schießpulver-Fabrikation geeignete Kohle muß leicht entzündlich sein, rasch verbrennen und beim Verbrennen möglichst wenig Asche geben.

Um die Kohle auf ihre Tauglichkeit zu prüfen, füllt man ein inniges Gemenge von 4 Gramm Salpeter und 0·775 Gramm Kohle in eine kleine kupferne Röhre von 0·6 Dm. Länge und 0·6 Cm. Weite, giebt etwas Mehlpulver auf und zündet das Gemisch an. Man beobachtet, wie viele Secunden die Verbrennung dauert, und bestimmt, wie viele Asche zurückbleibt. Je rascher die Verbrennung vor sich ging und je weniger Asche zurückblieb, desto tauglicher ist natürlich die betreffende Kohle.

Wir geben nachfolgend eine hierauf bezügliche Tabelle.

Gemenge aus 4 Gramm Salpeter u. 0·775 Gramm Kohle von	Dauer der Verbrennung in Secunden	Gewicht des Rückstandes in Gramm
Hanfstängeln	10	0·775
Asphodilstängeln	10	0·775
Weinreben	12	1·275
Kichererbsenstängeln	13	1·355
Fichtenholz	17	1·936
Faulbaumholz	20	1·55
Spindelbaumholz	21	1·746
Haselholz	23	1·936
Pimentstängeln	25	2·325
Maisstroh	25	2·45
Kastanienholz	26	2·325
Nußbaumholz	29	2·13
Maiskörnern	45	2·774
Steinkohlen, Coaks	50	2·90
Zucker	70	3·10

Digitized by Google

In Folge ihrer zahlreichen Hohlräume hat die aus Holz erzeugte Kohle in hohem Grade die Fähigkeit, Gase aufzunehmen und in ihren Poren zu verdichten. Uns interessirt hier nur die Fähigkeit der Kohle, Wasserdampf aus der Luft aufzusaugen, oder um den wissenschaftlichen Ausdruck dafür zu gebrauchen: das Absorptionsvermögen der Kohle für Wasserdampf.

Bei je niedrigerer Temperatur die Kohle erzeugt wurde, desto mehr Wasserdampf saugt sie aus der Luft auf. Es ist dies leicht erklärlich, denn mit zunehmender Verkohlungs-Temperatur wird ja die Kohle dichter und in Folge dessen ärmer an den Hohlräumen, die den Wasserdampf in sich aufnehmen.

Um die Mengen des absorbirten Wasserdampfes für jede Temperatur der Verkohlung zu erfahren, hat man Faulbaumholz bei verschiedenen Temperaturen verkohlt und alsdann feuchter Luft ausgesetzt. Aus der Gewichtszunahme des Faulbaumholzes wurde die Menge des aufgenommenen Wasserdampfes berechnet.

Man erhielt auf diese Weise folgende Zahlen:

Temperatur der Verkohlung Grad	Menge des von 100 Theilen Kohle aufgenommenen Wassers	Temperatur der Verkohlung Grad	Menge des von 100 Theilen Kohle aufgenommenen Wassers
150 . .	20·862	240 . .	6·666
160 . .	18·220	250 . .	7·406
170 . .	18·180	260 . .	6·836
180 . .	16·660	270 . .	6·306
190 . .	11·626	280 . .	7·879
200 . .	10·018	290 . .	6·920
210 . .	9·742	300 . .	7·608
220 . .	8·954	310 . .	7·200
230 . .	8·800	320 . .	5·554

Digitized by Google

Temperatur der Verkohlung Grad	Menge des von 100 Theilen Kohle aufgenommenen Wassers	Temperatur der Verkohlung Grad	Menge des von 100 Theilen Kohle aufgenommenen Wassers
330 . .	4·504	1100 . .	4·444
340 . .	5·904	1250 . .	4·760
350 . .	5·894	1300 . .	2·224
440 . .	4·704	1500 . .	2·204
1025 . .	4·676		

Gepulverte Kohle absorbirt nahezu doppelt so viel Feuchtigkeit aus der Luft als ganze Stückkohlen. Im ersteren Falle ist ja der Feuchtigkeit weit mehr Oberfläche zum Verdichten geboten als im letzteren.

Zusammenhängend mit der Eigenschaft der aus Holz erzeugten Kohle, Gase in ihren Hohlräumen zu verdichten, ist die zuweilen vorkommende Selbstentzündung der Kohle. Dadurch, daß die absorbirten Gase in der Kohle sich verdichten, wird Wärme frei, und wenn besondere (uns bis jetzt noch wenig bekannte) Umstände hinzutreten, so steigert sich diese Erwärmung der Kohle bis zu ihrer freiwilligen Entzündung.

Zur Erforschung des wirklichen Grundes der Selbstentzündung wurden in der ehemaligen Berliner Pulverfabrik eine Reihe von Versuchen*) mit Cylinderkohle angestellt, welche folgende Resultate ergaben: Eine mit 28 Percent Ertrag bereitete Faulbaumkohle entzündet sich um so leichter, je kürzer der Zeitraum zwischen der Gewinnung der Kohlen und deren Aufbewahrung im gekleinten Zustande ist. Schwarze, starkgebrannte Kohle erhitzt und entzündet sich leichter als rothe und wenig gebrannte Kohle. Frisch bereitete, fein zertheilte Kohle entzündet sich in Quantitäten

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. F. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 50.

Digitized by Google

von 60 Kilogr. nur dann freiwillig, wenn sie in einem Gefäße wenigstens 0·62 Meter hoch aufgeschüttet sich befindet. Die Entzündung zeigt sich fast immer zuerst im Innern der Kohlenmasse, nicht an der Oberfläche.

Die Selbstentzündung der Kohlen tritt hauptsächlich dann ein, wenn frisch bereitete, fein gepulverte Holzkohle in größeren Quantitäten aufgeschichtet wird.

Daß man bei der Pulverkohlen-Fabrikation auf diese Eigenschaft der Kohle Bedacht zu nehmen und Alles zu vermeiden hat, was eine Selbstentzündung der Kohlen bewirken könnte, ist selbstverständlich.

Wir wenden uns nunmehr, nachdem wir die drei Mischungsbestandtheile des Schießpulvers, ihre Gewinnung, ihre Eigenschaften und ihre Prüfung kennen gelernt haben, zur Fabrikation des Schießpulvers.

Die Fabrikation des Schießpulvers.

Die Salpeter- und Schwefelläuterung. Da von der Reinheit dieser beiden Pulverbestandtheile so sehr die Güte des Pulvers abhängt, werden in den meisten größeren Pulverfabriken Salpeter sowohl wie Schwefel nochmals einem Reinigungsproceß (Läuterung) unterworfen. Der sicilianische Stangenschwefel wird (obwohl in der Regel vollkommen rein) namentlich deshalb geläutert, um ihn dadurch in eine zum Kleinen geeignetere Form überzuführen.

Das Läuterungs-Verfahren für Salpeter*)

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer. Braunschweig 1874, S. 24 und 27.

Digitized by Google

ist fast in allen Fabriken dasselbe. Auf folgende Weise wird der Salpeter in der königl. Pulverfabrik zu Spandau geläutert:

In einem eingemauerten, kupfernen Kessel von ungefähr 3000 Liter Inhalt werden 1400 Liter Wasser zum Sieden erhitzt. In das siedende Wasser trägt man nach und nach in einzelnen Portionen von je 50 Kilogr. 2500 Kilogr. Rohsalpeter ein und beschleunigt seine Lösung durch fleißiges Umrühren.

Alsdann löst man 830 Gramm Leim in 8 Liter heißen Wassers und fügt die Lösung der Salpeterlauge bei. Der Leim verbindet sich mit den organischen Stoffen zu einer geronnenen Masse, welche als Schaum an die Oberfläche steigt. Dieser Schaum wird, sowie er sich zeigt, von der Oberfläche der Flüssigkeit abgeschöpft.

Sowie die Lauge eine Concentration von 54 Grad B. erreicht hat, deckt man den Kessel mit einem großen hölzernen Deckel zu und unterbricht die Feuerung.

Nach ungefähr zwölf Stunden läßt man die Lauge in kupferne Krystallisirgefäße ab. Ueber letztere legt man Rahmen mit doppelter Leinwand, um die Lauge auf diese Weise noch zu coliren, ehe sie in die Krystallisirpfannen gelangt.

In den Krystallisirpfannen wird die Lauge mit hölzernen Harken beständig umgerührt, wodurch der Salpeter als feines Krystallmehl ausfällt. Würde man ohne umzurühren den Salpeter krystallisiren lassen, so erhielte man große Salpeterkrystalle, die noch eine Menge Mutterlauge in sich schlössen.

Den auskrystallisirten Salpeter schöpft man in Körbe mittelst durchlöcherter Kupferlöffel. Die Körbe stellt man auf Bretter über die Krystallisirpfanne und läßt hier die-

Digitized by Google

selben so lange stehen, bis die Mutterlauge völlig von den Krystallen abgetropft ist.

Der Salpeter kommt hierauf aus den Körben in kupferne Waschkasten, in welchen ein hölzerner, durchlöcherter Boden angebracht ist. In diesen Behältern wird der Salpeter gleichmäßig vertheilt und alsdann derselbe mittelst einer kleinen Gießkanne mit Flußwasser begossen. Das unter dem hölzernen Boden sich ansammelnde Waschwasser wird in besondere Reservoirs abgelassen. Man gewinnt aus diesen Waschwassern, ebenso wie aus den vom auskrystallisirten Salpeter übrig bleibenden Laugen den Salpeter in derselben Weise wieder wie in den Salpetersiedereien den Rohsalpeter.

Der gewaschene Salpeter kommt zunächst in große Kasten, wo er ungefähr 12 Stunden verbleibt, damit das Waschwasser vollends abtropfen kann.

Alsdann wird der Salpeter auf große, mit leinenen Decken belegte hölzerne Gitterrahmen ausgebreitet. Hier verliert er den größten Theil seiner Feuchtigkeit. Den letzten Rest von Feuchtigkeit entfernt man in kupfernen Trockenpfannen, welche durch warme Luft erhitzt werden. Bei diesem letzten Trocknen rührt man den Salpeter beständig mit hölzernen Harken um und schlägt etwa sich zusammenballende Klumpen mit hölzernen Hämmern auseinander. Man erwärmt so lange, bis der Salpeter zu stäuben anfängt. Er wird nunmehr in hölzerne, 50 Kilogr. fassende Tonnen geschüttet.

Neuerdings hat man auch Versuche angestellt, den Salpeter statt auf angegebene umständliche Weise zu behandeln, mit Hilfe von Centrifugen zu reinigen.

Die Läuterung des Schwefels. Bevor dieselbe vorgenommen wird, prüft man den Schwefel auf etwaige Verunreinigungen.

Digitized by Google

Man reibt ein wenig Schwefel fein und kocht ihn mit destillirtem Wasser aus. Wird blaues, in die Flüssigkeit getauchtes Lackmuspapier roth, so ist hiermit ein Gehalt an Schwefelsäure oder schwefliger Säure erwiesen. Derartiger Schwefel wird ohne weitere Umstände an den Lieferanten zurückgeschickt.

Eine hellgelbe oder röthliche Farbe des Schwefels ist meist ein Anzeichen, daß derselbe Arsen enthält. Arsenhaltiger Schwefel giebt nach Behandlung mit wässerigem Ammoniak und nach Zusatz von Salzsäure zur erhaltenen ammoniakalischen Lösung eine gelbe Ausscheidung von Schwefelarsen.

Um den Schwefel zu läutern, bringt man denselben in einen in einem Herde eingemauerten Grapen, welcher ungefähr 75 Kilogr. faßt, und erhitzt ihn langsam zum Schmelzen.

Sowie der Schwefel flüssig geworden ist, wird er in emaillirte, eiserne Töpfe durch Gaze filtrirt. Nach dem Erkalten ist der Schwefel sehr bröckelig geworden. Man hebt ihn in Tonnen von 100 Kilogr. Inhalt auf.

Die Zusammensetzung (Dosirungs-Verhältnisse) des Schießpulvers.*) Dieselbe ist eine verschiedene, je nachdem man Militärpulver, Jagdpulver oder Sprengpulver beabsichtigt, darzustellen. Vom Militärpulver verlangen wir eine hohe Triebkraft, vom Jagdpulver

*) Karsten's Archiv, Band 4, S. 381; „The mechanic's magazine", Band 3, S. 175; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 39, S. 269; Band 76, S. 467; Band 104, S. 315; Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 1142; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer. Braunschweig 1874, S. 60.

Digitized by Google

eine schnelle Entzündlichkeit, vom Sprengpulver eine möglichst große Menge Gas.

Das Jagdpulver erhält im Vergleiche zum Militärpulver mehr Salpeter und statt der Schwarzkohle die weit leichter entzündliche Rothkohle. Das Sprengpulver erhält im Vergleiche zum Militärpulver mehr Schwefel und Kohle, wodurch die Bildung einer größeren Menge von Gas begünstigt wird.

Das Sprengpulver wird durch diese Aenderung in der Mischung billiger, allerdings auf Kosten der schnellen Entzündlichkeit. Es kommt uns jedoch beim Sprengpulver auch gar nicht auf rasche Entzündlichkeit, sondern nur darauf an, daß die, wenn auch langsam sich entwickelnden, aber reichlichen Gasmengen erschütternd und spaltend auf das Gestein wirken.

Bisher nahm man zum Sprengpulver möglichst wenig Salpeter und viel Schwefel und Kohle, wodurch eine große Menge von Kohlenoxydgas beim Entzünden des Pulvers sich bildete. Neuerdings ist man jedoch von der Ansicht, daß Sprengpulver nothwendigerweise ein »Kohlenoxydgas-Pulver« sein müsse, abgekommen, man verwendet vielmehr jetzt salpeterreichere Mischungen, welche rascher abbrennen als das ehemalige Sprengpulver, und dadurch weniger Gasverlust durch die Gesteinsspalten erleiden.

Die größte Wirksamkeit hätte unstreitig dasjenige Schießpulver, welches sich beim Entzünden vollständig in Gase verwandelte. Eine solche ideale Pulvermischung läßt sich jedoch nicht herstelleu, weil im Schießpulver ja auch nicht flüchtige Bestandtheile (das Kali des Kalisalpeters und die Asche der Kohle) enthalten sind. Es werden deshalb, wie immer auch die Zusammensetzung der Pulvermischung erfolgen mag, die Aschenbestandtheile der Kohle und namentlich

Digitized by Google

verschiedene Kaliverbindungen (kohlensaures und schwefelsaures Kali, Schwefelkalium u. s. w.) im Pulverrückstand verbleiben.

Demnach wäre unsere Aufgabe darauf beschränkt, dem Pulver diejenige Zusammensetzung zu geben, bei welcher möglichst wenig Pulverrückstand und möglichst viel Pulvergase sich bilden. Doch muß von vorneherein bemerkt werden, daß auf derartige theoretisch berechnete »beste Pulvermischungen« nicht viel zu geben ist. Wir dürfen nicht vergessen, daß wir es mit keinem Material von stets gleicher Beschaffenheit zu thun haben. Die Pulverkohle wechselt ja ungemein in ihrem Kohlenstoffgehalt und auch in ihren physikalischen Eigenschaften, ja nach der Holzart und der Fabrikationsmethode. Außerdem sind unsere Kenntnisse über die beim Verbrennen des Pulvers stattfindenden Vorgänge, trotzdem neuere Untersuchungen sehr viel Licht in diese gleichzeitig wirkenden chemischen und physikalischen Processe gebracht haben, immer noch viel zu lückenhaft. So lange wir aber nicht im Stande sind, von jeder beliebigen Pulvermischung im voraus die bei der Explosion entstehenden Zersetzungsproducte unter den verschiedensten Umständen zu bestimmen, so lange haben auch von der Theorie ausgerechnete wirksame Pulvermischungen wenig Werth. Bis jetzt entscheidet hier also lediglich die Praxis, die praktische Erprobung und Bewährung der betreffenden Pulvermischung.

Schon lange, bevor man über die chemische Zusammensetzung der Pulverbestandtheile oder der Verbrennungsproducte des Pulvers eine Ahnung hatte, hat die praktische Erfahrung brauchbare Pulvermischungen gefunden, und diese Mischungen nähern sich oft auffallend denjenigen, welche unsere ersten Militärstaaten der Neuzeit nach reiflicher Prüfung als die besten für ihre Heere adoptirt haben.

Digitized by Google

Die allerälteste in Deutschland angewendete Pulvermischung soll aus gleichen Theilen Salpeter, Schwefel und Kohle bestanden haben.

Im Jahre 1546 finden wir folgende Verhältnisse angegeben:

	grobes Geschütz	mittleres	Büchsen
Salpeter . .	50·0	66·7	83·4
Schwefel . .	33·3	20·0	8·3
Kohle . . .	16·7	13·3	8·3

Fronsperger giebt in seinem Kriegsbuche von 1555 als Pulvermischung an: Salpeter $66^6/_9$, Schwefel $22^2/_9$, Kohle $11^1/_9$.

Im Jahre 1649 hatte man folgende Mischungen:

	grobes Geschütz		Gewehre		Pistolen	
Salpeter	66·8	70·0	72·5	75·5	78·7	85·6
Schwefel	16·6	14·0	13·0	11·2	9·4	8·5
Kohle .	16·6	16·0	14·5	13·3	11·9	5·9

Zur Zeit Friedrich's des Großen hatte man in Preußen nachstehende Mischungsverhältnisse eingeführt:

	grobes Pulver	feines
Salpeter . .	74·4 . .	80
Schwefel . ..	12·3 . .	10
Kohle . . .	13·3 . .	10

Im Anfang dieses Jahrhunderts wurden in Preußen genommen:

Salpeter	75
Schwefel	10
Kohle	15

Späterhin wurde diese Mischung ersetzt durch Salpeter 75, Schwefel 11·5, Kohle 13·5.

Gegenwärtig endlich ist in Preußen und dem Deutschen Reich folgendes Mischungsverhältniß adoptirt:

Digitized by Google

Salpeter	74
Schwefel	10
Kohle	16

Aehnliche Aenderungen, wie in Deutschland, haben auch in den anderen Staaten die Pulvermischungen im Laufe der Jahrhunderte erfahren.

In Frankreich hat man gegenwärtig die Mischung von Salpeter 75, Schwefel 12·5 und Kohle 12·5 eingeführt. Eine dieser Mischung gleiche empfahl schon 1598 Boillot und ebenso 1619 de Bry. Auch Baptista Porta's vom Jahre 1567 herrührende Vorschriften sind dieser modernen französischen Pulvermischung fast gleich.

Der Schweizer Satz (»Das Schießpulver von Basel«) wurde lange Zeit als die beste Pulvermischung anerkannt. Es bestand aus Salpeter 76, Schwefel 10, Kohle 14.

Obwohl wir von vornherein der Theorie, was die Auffindung der besten Pulvermischungen betrifft, keinen großen Werth beigelegt haben, so seien hier doch Versuche erwähnt, welche verschiedene, meist französische Chemiker über das günstigste Verhältniß zwischen Salpeter, Schwefel und Kohle angestellt haben.

Man fand, daß gerade $^1/_6$ Kohle nöthig sei, um einen Theil Salpeter vollständig zu zersetzen. Bei kleineren Mengen Kohle blieb noch unzersetzter Salpeter oder salpetrigsaures Kali im Rückstand, durch größere Quantitäten Kohle wurde die Dauer des Verbrennens noch verkürzt, aber es bildete sich dann weniger Kohlensäure und mehr Kohlenoxyd.

Für Schwefel ergab sich als günstigstes Verhältniß $^1/_6$ Schwefel auf 1 Salpeter, bei welchem in der kürzesten Verbrennungszeit die größte Menge Gas erzeugt wurde.

Digitized by Google

Demnach hätten wir als das günstigste Verhältniß

Salpeter 6, Schwefel 1, Kohle 1

zu bezeichnen.

Diese Mischung galt in der That lange Zeit in vielen Ländern für die beste und ist, wie ein Blick auf die weiter unten folgende Tabelle belehrt, noch gegenwärtig in Frankreich, Belgien und Persien eingeführt.

Man hat auch, um das günstigste Verhältniß zwischen den drei Pulverbestandtheilen herauszufinden, die Menge Gas gemessen, welche verschiedene Pulvermischungen beim Verbrennen gaben.

Es lieferten:

100 Theile Pulver aus

Salpeter	Schwefel	Kohle	Kubikzoll Gas
70·0	12·0	18·0	107
73·2	12·2	14·6	100
75·0	12·5	12·5	113
76·2	12·8	11·0	112

Wir geben nunmehr eine Zusammenstellung der Mischungsverhältnisse für Militärpulver in einigen größeren Staaten:

	Preußen	Sachsen	Rußland	Schweden	England	Frankreich	Belgien	Persien	Oesterreich	Ver. Staaten
Salpeter	74	74	75	75	75	75·0	75·0	75·0	75·5	76
Schwefel	10	10	10	10	10	12·5	12·5	12·5	10·0	10
Kohle	16	16	15	15	15	12·5	12·5	12·5	14·5	14

Seit 1866 ist in Frankreich für Chassepot-Pulver das poudre modèle (poudre B) eingeführt, welches besteht aus:

Salpeter 74, Schwefel 10·5, Kohle 15·5.

Digitized by Google

In England verwendet man für grobkörniges Pulver zu den gezogenen Geschützen:

Salpeter 74, Schwefel 10·5, Kohle 15·5.

Die Vorschriften für Jagdpulver sind ebenso mannigfaltige wie die für Militärpulver. Zu Jagdpulver nimmt man, wie schon bemerkt, die leicht entzündlichere Rothkohle und im Vergleich zum Militärpulver mehr Salpeter.

Wir führen hier eine deutsche und französische Vorschrift für Jagdpulver an:

	deutsche Vorschrift	französische
Salpeter	78·5	78
Schwefel	10·0	12
Kohle	11·5	10

Bunsen und Schischkoff*) untersuchten ein Jagdpulver und fanden in demselben:

Salpeter		78·99
Schwefel		9·84
Kohle	Kohlenstoff	7·69
	Wasserstoff	0·41
	Sauerstoff	3·07
		100·00

Bei dem Sprengpulver verringert man den Salpeter und erhöht dafür den Gehalt an Schwefel oder an Kohle oder an beiden zugleich.

Wir führen hier einige Sprengsätze neuerer Zeit an:

	deutscher Satz	österreichischer	italienischer	französischer
Salpeter	66·0	60·25	70	62
Schwefel	12·5	21·30	18	18
Kohle	21·5	18·45	12	20

*) „Annalen der Chemie und Physik", Band 102, S. 321.

Digitized by Google

Wir haben schon erwähnt, daß man in neuester Zeit den Sprengpulver-Mischungen mehr Salpeter wie bisher zusetzt, um durch die in Folge des höheren Salpetergehaltes bewirkte schnellere Explosion den Verlust an Gas, welches bei langsamer Explosion Zeit findet, durch die Gesteinsspalten zu entweichen, zu vermeiden. Außerdem hatten die älteren Sprengpulver-Mischungen den Nachtheil, daß sich in Folge der großen Menge Kohle allzu viel Kohlenoxydgas bei der Explosion bildete. Da aber dieses Gas bei seiner Bildung weniger Wärme erzeugt als die sonst vorwiegend sich bildende Kohlensäure, so wurden die Pulvergase weniger ausgedehnt, d. h. ihre Spannkraft verringert.

Militär-, Jagd- und Sprengpulver unterscheiden sich nicht nur durch ihre Zusammensetzung, sondern auch durch ihre äußere Beschaffenheit. Das Jagdpulver ist am theuersten und hat demgemäß ein tadelloses Aeußere, ein feines und glattes Korn. Das Militärpulver wird zwar sorgfältig hergestellt, aber auf sein äußeres Aussehen aus Billigkeitsrücksichten nicht allzu viel Gewicht gelegt. Das Musketenpulver erhält also schon ein gröberes, das Kanonenpulver das gröbste Korn. Das Sprengpulver, welches von allen dreien am billigsten hergestellt werden muß, ist in Bezug auf sein äußeres Ansehen nothwendigerweise am meisten vernachlässigt.

Die Bereitung des Schießpulvers.*)

Wir sahen bereits, daß die drei Bestandtheile des Pulvers von größter Reinheit sein müssen, wenn man

*) Fabrikation zu Bouchet in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 15, S. 492; zu Ramhurst, Dingler's „Polytechn. Journ."

Digitized by Google

überhaupt ein brauchbares Schießpulver erhalten will. Ebenso wichtig aber als die Reinheit der Bestandtheile sind die nunmehr zu besprechenden nächsten drei Operationen der übrigens, was den maschinellen Theil anbelangt, höchst einfachen Schießpulver-Fabrikation.

Die drei Bestandtheile des Schießpulvers müssen möglichst fein gepulvert und möglichst innig mit einander vermengt werden. Die erhaltene Pulvermischung muß endlich durch starkes Pressen verdichtet werden. Diese drei Operationen: das Kleinen, Mengen und Dichten sind, wie gesagt, der wichtigste Theil der Schießpulver-Fabrikation. Denn ohne gehöriges Zerkleinern der drei Bestandtheile läßt sich eine innige Mischung derselben und in Folge dessen eine gleichmäßige Wirkung des Pulvers absolut nicht erreichen. Das Dichten ist aber ist insofern für die Eigen-

---

Band 32, S. 451; Allgemeines in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 46, S. 434; Band 47, S. 74; Maschinelle Vorrichtungen in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 67, S. 241; Fabrikation zu Wetteren in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 117, S. 43; Fabrikation zu Waltham-Abbey in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 125, S. 208; in Schweden: „Archiv für die Officiere der königl. preuß. Artillerie und Ingenieur-Corps", Band 1, S. 108; in Ostindien „Archiv für die Officiere der königl. preuß. Artillerie und Ingenieur-Corps", Band 1, S. 229; zu Bern „Archiv für die Officiere u. s. w." Band 2, S. 148; Geschichtliche Angaben in „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 4, S. 226; Pulverbereitung zu Neiße „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 18, S. 67; Fabrikation in Dänemark, „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 34, S. 125; Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 1151—1182; R. v. Wagner „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 190; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 63—104.

Digitized by Google

schaften des Pulvers von höchster Bedeutung, als desto mehr wirksame Bestandtheile in einem Pulvervolumen sich finden und desto mehr Gase aus ihm sich beim Entzünden entwickeln werden, je besser das Pulver gepreßt wurde.

An das Kleinen, Mengen und Dichten schließt sich das Körnen, das vorläufige Lufttrocknen, das vorläufige Sortiren und Ausstäuben, das Poliren (Abrunden), das Trocknen, das Ausstäuben und das Sortiren des Pulvers.

Da sich das Schießpulver nicht nur in Berührung mit glühenden oder brennenden Körpern, sondern ebenso gut auch durch Reibung und Schlag entzündet, so wird es in den einzelnen Stadien seiner Fabrikation, insofern es einer Reibung oder einem Schlage ausgesetzt werden muß, in befeuchtetem Zustande verarbeitet.

Wir besprechen nunmehr die einzelnen Operationen der Schießpulver-Fabrikation. Die mehr oder weniger großen Abänderungen, die in der Reihenfolge dieser Operationen in den einzelnen Fabriken getroffen werden, sind zahlreiche. Beispielsweise kann man das Kleinen, Mengen und Dichten in einer einzigen Operation vornehmen (ältestes Verfahren) oder das Kleinen für sich und das Mengen und Dichten in einer Operation oder endlich jede der genannten Operationen für sich getrennt. Ferner kann man das Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation in Stampfmühlen, durch Hämmer oder durch Walzmühlen (Kollermühlen) vornehmen. Das Kleinen für sich kann in Stampfmühlen, auf Walzmühlen oder in Trommeln geschehen. Ferner hat man bei dem Mengen und Dichten in einer Operation die Wahl zwischen Stampfmühlen und Walzmühlen. Das Mengen der zuvor gekleinten Substanzen endlich kann man in Trommeln oder auf Kollermühlen bewerkstelligen. Nimmt man noch hinzu die mannigfaltigen Abänderungen, deren

Digitized by Google

jede einzelne dieser Methoden fähig ist, so überblicken wir ein ganzes Chaos von verschiedenen Fabrikations-Methoden.

Wir wollen uns jedoch nicht durch eine sorgfältige, aber nutzlose Aufzählung aller dieser verschiedenen Methoden den klaren Ueberblick über die sonst so einfache Pulver-Fabrikation trüben. Wir werden vielmehr nur diejenigen Methoden ausführlicher besprechen, welche gegenwärtig am meisten in der Praxis angewendet werden. Nebenbei bleibt uns noch ein flüchtiger Blick auf die minder wichtigen Methoden.

Des besseren Verständnisses halber beginnen wir mit derjenigen Methode, welche als die älteste und als die früher allgemein angewendete zu bezeichnen ist.

1. Das Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation. a) Durch Stampfmühlen. In der ersten Zeit der Pulverbereitung, also im XIV. und zu Anfang des XV. Jahrhunderts gab man einfach die in den damals üblichen Gewichtsverhältnissen abgewogenen drei Bestandtheile in einen hölzernen Mörser und stampfte sie mittelst eines hölzernen Stempels durcheinander. Es wurde auf diese Weise das Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation, und zwar auf höchst mangelhafte und zeitraubende Art und Weise vorgenommen.

Um namentlich auch das nach dieser Methode nöthige bedeutende Arbeiterpersonal zu sparen, erfand man die Stampfmühlen. Harscher in Nürnberg errichtete die erste dieser Stampfmühlen im Jahre 1435 und in der zweiten Hälfte des XV. Jahrhunderts waren sie beinahe in allen europäischen Ländern schon eingeführt.

Bei den Stampfwerken unterscheidet man folgende Haupttheile: einen horizontal liegenden eichenen Baum b b (Fig. 7) (Mörser, Grubenstock), in welchem in Entfernungen

Digitized by Google

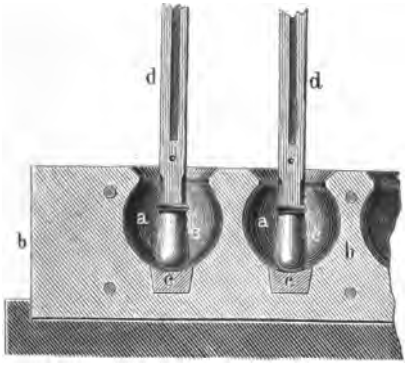
von je etwa 0·7 Meter eine Anzahl von Stampflöchern eingebohrt sind.

Diese Stampflöcher müssen in der Mitte sich bauchig erweitern und nach den Enden zu sich wieder verengen, damit die während des Stampfens gerne an den Wänden sich hinaufziehende Pulvermasse von selbst wieder in das Stampfloch zurückfallen kann.

In den Boden eines jeden Stampfloches wird ein Stück sehr harten Holzes (c) eingesetzt.

Die Stempel oder Stampfer (d d), welche aus Buchen- oder Ahornholz gemacht sind, haben eine Länge von etwa $2^1/_2$ Meter und eine Dicke von circa 0·1 Meter. Unten haben die Stampfer einen Schuh von Bronze (e e).

Fig. 7.



In der Regel kommt auf ein Stampfloch ein Stampfer, zuweilen jedoch, wie früher namentlich in Oesterreich und Schweden, drei bis vier Stampfer.

Die Stampfer werden entweder durch ein Wasserrad oder durch den Pferdegöpel in Bewegung gesetzt.

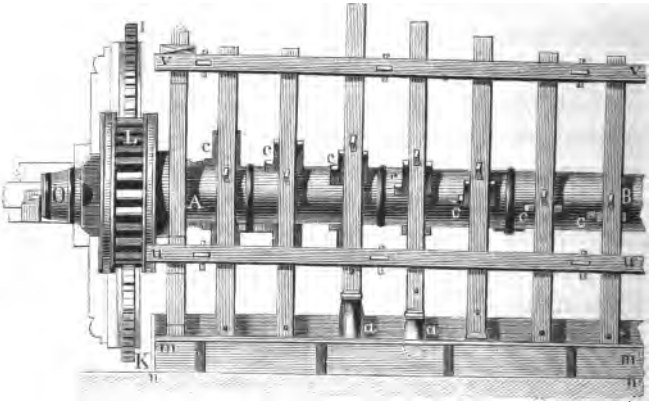
Die Bewegung theilt sich zunächst den beiden Kammrädern I und L (umstehende Fig. 8) und durch diese der Daumenwelle A B mit. Letztere trägt zahnartige Erhöhungen, »Hebedaumen« (c c), die den zugehörigen Stempel beim Drehen der Welle an der Hebelatte ergreifen. Hat sich der Hebedaumen bei seiner Drehung weit genug von dem

Digitized by Google

Stempel entfernt, so gleitet die Hebelatte von ersterem ab und der Stempel fällt (von einer Höhe von etwas über 0·4 Meter) in das Stampfloch.

Bei diesem alten Stampfverfahren wurden ungefähr 8—10 Kilogr. der abgewogenen Mischung (der Schwefel grob gepulvert, die Kohle in Stäben, der Salpeter als Mehl) in je ein Stampfloch gethan, mit Wasser (auch wohl mit Essig oder Harn) befeuchtet und alsdann einige Stunden gestampft.

Fig. 8.



Es ist ohneweiters einzusehen, daß, wenn auf diese Weise das Kleinen, Mengen und Dichten in einer einzigen Operation vorgenommen werden soll, die Bestandtheile weder vollkommen fein gepulvert, noch hinreichend gemengt oder gedichtet werden können. Denn das Zerkleinern ist eine Operation, die dem Mengen und Verdichten gerade entgegengesetzt ist. Beim Zerkleinern sollen die einzelnen Theilchen von einander getrennt, bei den beiden anderen Operationen aber innig mit einander vermengt und an einander gepreßt

Digitized by Google

werden. Zwei solche in ihrer Art verschiedene Wirkungen kann aber offenbar ein und dieselbe maschinelle Vorrichtung nicht ausüben.

Außerdem ist das Stampfen eine sehr gefährliche Operation. Es ist bei dem Stampfen nicht zu vermeiden, daß sich auf dem Boden der Mörser und an den Stampfen eine festgeballte Masse ansetzt, welche der weiteren Mengung entgeht. Diese unbeweglich an derselben Stelle verharrende Masse kann sich leicht bis zur Entzündungstemperatur des Schießpulvers erwärmen.

Wegen dieser mit der Anwendung der Stampfer verbundenen großen Explosionsgefahr hat man in England die Stampfwerke überhaupt verboten.

Wir werden übrigens auf die Stampfmühlen nochmals eingehender bei Besprechung des Mengens und Dichtens in einer Operation zurückkommen.

b) Durch Hämmer wird zuweilen noch in der Schweiz das Kleinen, Mengen und Dichten zugleich vorgenommen. Das Verfahren ist ungefähr dasselbe wie bei den Stampfmühlen, nur daß man statt der Stempel Hämmer anwendet. Die 50 Kilogr. schweren Hämmer treffen von einer Fallhöhe von 0·46 Meter die Pulvermischung 85mal in der Minute. Die Hämmer werden durch ein Wasserrad in Bewegung gesetzt.

c) Durch Walz- oder Kollermühlen. Diese Methode ist mindestens schon dreihundert Jahre bekannt, indessen erst allmälich in England, Deutschland und Italien und am spätesten in Frankreich eingeführt worden. Die königl. Pulverfabrik zu Dresden hat dieses Verfahren seit 1871 abgeschafft, in Preußen, Belgien und namentlich auch in England ist dasselbe noch in Anwendung.

Die Anwendung der Kollermühlen für die verschieden-

Digitized by Google

artigsten Fabrikationszweige ist so bekannt, daß wir eine Abbildung derselben gerne entbehren können. Auf einem horizontalen Lagersteine laufen zwei Läufer von Marmor, Stinkstein, Gußeisen oder Bronze.

Hinter den Läufern schleifen hölzerne Streicher her, welche die Masse umrühren und unter die Läufer zurückbringen. Zweckmäßig bringt man die Läufer in ungleichen Entfernungen von der Drehungsachse an. In Folge dessen wird die Pulvermasse, die dem äußeren Läufer nach innen ausweicht, von dem inneren Läufer zermahlen und umgekehrt.

Die Art und Weise, wie das Verarbeiten der Mischung auf den Kollermühlen vorgenommen wird, ist in den einzelnen Ländern wieder verschieden. In Deutschland und Belgien zerkleinert man zuerst Schwefel und Salpeter jeden für sich in Kollermühlen, mischt beide Bestandtheile zusammen, bringt sie wieder in die Kollermühle, breitet die Kohle in ganzen Stücken darüber aus und mahlt dieses Gemenge fein.

Zu Waltham-Abbey bei London werden Schwefel, Kohle und Salpeter, jeder Bestandtheil für sich, gröblich zerkleinert, dann gemengt und unter den Läufern fertig gemahlen.

In einigen deutschen und französischen Pulverfabriken werden Schwefel und Kohle zuerst in Trommeln fein gepulvert, hierauf mit dem Salpetermehl gemischt und die Mischung unter der Kollermühle weiter verarbeitet.

Man befeuchtet die Mischung nicht sofort mit Wasser, sondern läßt etwa eine halbe Stunde lang dieselbe in trockenem Zustande von den Läufern zermahlen und mengen. Namentlich letztere Operation wird, wenn die Mischung trocken ist, ungemein erleichtert.

Digitized by Google

Alsdann übergießt man mittelst einer Gießkanne die Mischung mit so viel Wasser, daß sie ungefähr 2 Percent ihres Gewichtes davon aufnimmt. Sobald sich Staub zeigt, wird mit einer neuen Menge Wasser angefeuchtet. Im Ganzen nimmt die Pulvermischung etwa 7 Percent ihres Gewichtes an Wasser auf. Zu feucht darf die Mischung nicht sein, weil sonst kein inniges Durcheinandermengen derselben erzielt wird, indem die allzu feuchte Masse sich der Wirkung der Läufer mehr oder weniger entzieht.

Sowie die Mischung eine salbenartige Beschaffenheit annimmt, ist dies ein Zeichen, daß die Operation vollendet ist. Alsdann vermindert man zunächst die Umdrehungsgeschwindigkeit der Läufer. Weil letztere nunmehr in Folge ihrer verlangsamten Bewegung längere Zeit ihre pressende Wirkung auf die einzelnen Theile der Pulvermasse ausüben können, so trägt dieser letzte Theil der Operation hauptsächlich dazu bei, der Mischung die gehörige Dichte zu verleihen.

Das Gewicht der Läufer ist sehr verschieden. Während in Dresden dasselbe 150 Kilogr. betrug, haben die Läufer in der Pulverfabrik zu Waltham-Abbey ein Gewicht von 50.000 Kilogr. Am häufigsten wiegen sie zwischen 2000 und 5000 Kilogr.

Die bewegende Kraft sind Pferde oder Wasser.

Die Gefahr einer zufälligen Explosion ist bei Anwendung der Kollermühlen fast ebenso groß als bei den Stampfwerken. Namentlich in jenem Stadium des Processes ist beständige Gefahr, wo die Pulvermischung Neigung bekommt, sich in Klümpchen zusammenzuballen und an die Läufer zu hängen. Hierdurch werden zeitweise einzelne Stellen des Bodens frei, so daß letzterer und der Läufer in unmittelbare Berührung kommen. Ein einziger Funken,

Digitized by Google

welcher unter diesen Umständen durch die große Reibung erzeugt wird, genügt zur Hervorrufung der Explosion.

Man hat deshalb die verschiedenartigsten Sicherungen gegen eine derartige Explosion getroffen. Das ganze Gebäude, in welchem die Kollermühlen gehen, ist möglichst luftig aus leichtem Holzwerke gebaut. Am Dache sind Klappen angebracht, die bei einer etwaigen Explosion sich durch den Gasdruck sofort nach außen öffnen, so daß die Explosionsgase möglichst rasch entweichen können und in Folge dessen die zerstörende Wirkung der Explosion nach Kräften abgeschwächt wird.

In der Pulverfabrik zu Cambridge befindet sich über dem Lager der Mühle ein Wasserbehälter. Bei etwaiger Explosion öffnen sich durch den Gasdruck am Boden des Wasserbehälters angebrachte Klappen und das Wasser strömt sofort über die Läufer.

2. Das Kleinen der einzelnen Bestandtheile für sich. Dasselbe kann entweder in Stampfmühlen oder auf Walzmühlen oder endlich in Pulverisir- (Brech-) Trommeln vorgenommen werden.

a) Das Zerkleinern durch Stampfmühlen geschieht gegenwärtig nur noch in wenigen kleinen Fabriken.

Der Salpeter wird nur dann gestampft, wenn derselbe als geschmolzener Salpeter angewendet wird. Dagegen wird Salpetermehl, weil es schon einen hinreichenden Grad von Feinheit besitzt, nicht gestampft.

Der gestampfte Salpeter sowohl wie der gestampfte Schwefel werden durch messingene Siebe von sehr engen Maschen gesiebt.

Die Kohle wird vor dem Stampfen mit beinahe dem gleichen Gewicht Wasser angefeuchtet und alsdann etwa eine halbe Stunde gestampft. Gewöhnlich kommen 10 Kilogr.

Digitized by Google

Kohle in ein Stampfloch und werden hier mit etwa 1000 Schlägen zerkleinert.

b) Das Zerkleinern auf Walzmühlen ist gegenwärtig sehr gebräuchlich. Die Ausführung dieser Operation haben wir bereits bei Besprechung des »Kleinens, Mengens und Dichtens in einer einzigen Operation« beschrieben.

c) Das Zerkleinern in Trommeln. Die Pulverisirtrommeln (Brechtrommeln) kamen Ende des vorigen Jahrhunderts in Frankreich auf. Die Revolutionskriege hatten einen ganz außerordentlichen Bedarf an Schießpulver zur Folge, so daß die bis dahin allein üblichen Stampf- und Walzmühlen den gesteigerten Ansprüchen nicht mehr genügten. Man hat seines Ursprunges halber dieses Verfahren auch das »Revolutions-Verfahren« genannt.

In Frankreich kamen die Pulverisirtrommeln, nachdem sie nur kurze Zeit adoptirt waren, sehr mit Unrecht wieder in Mißcredit. Erst im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts kamen sie in diesem Lande wieder zur Geltung.

Während man in Frankreich die Pulverisirtrommeln zum Kleinen der Pulverbestandtheile gegenwärtig nur noch für Jagdpulver beibehalten hat, erfreuen sich dieselben in Deutschland von Jahr zu Jahr einer größeren Verbreitung.

Die Einrichtung einer derartigen Trommel ist aus umstehenden Figuren 9 und 10 ersichtlich. Die Trommel besteht in der Regel aus Eichenholz und hat die Form eines Hohlcylinders. Sie läßt sich um ihre horizontale Achse drehen.

Die Bewegung geschieht meist durch ein Wasserrad und wird der Trommel durch Riemen mitgetheilt. Auf der Achse der Trommel sitzt eine bewegliche und eine feste

Digitized by Google

Riemenscheibe. Will man die Trommel anhalten, so rückt man den Riemen von der festen auf die bewegliche Scheibe.

Die Trommel ist außerhalb von einem hölzernen Kasten (b b) umgeben. Im Innern ist sie mit Sohlleder überzogen. Außerdem hat man auch Trommeln, die an den Mantelflächen der Holzbekleidung ganz entbehren und an diesen Stellen nur aus Sohlleder bestehen. Derartig construirte Trommeln findet man in der Pulverfabrik zu Dresden.

Fig. 9.

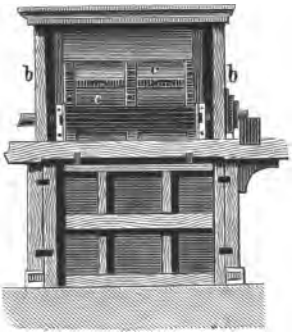
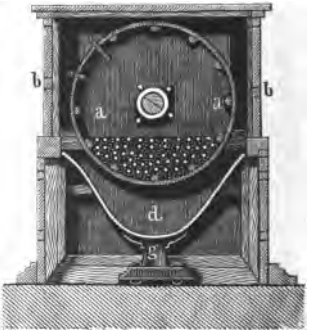


Fig. 10.



Zuweilen auch wendet man (in Rußland) eiserne, innen mit Holz oder Leder ausgekleidete Trommeln an.

Die Innenwände der Trommel sind mit halbrunden Leisten (a) besetzt, welche mit den Seitenwänden nur äußerst flache Winkel bilden dürfen, damit sich beim Drehen die Pulvermasse nicht darin ansetzen kann.

Die zu zerkleinernde Masse wird durch die bei c c befindliche Thür mit einer gewissen Anzahl von Bronzekugeln eingetragen und die Trommel nun in Bewegung gesetzt. Die Zahl der Umdrehungen beträgt 10—30 in der Minute.

Digitized by Google

Zu große Geschwindigkeit darf man den Trommeln nicht geben. Es würde sonst die Centrifugalkraft allein zur Geltung kommen. Die Bronzekugeln sammt der zu zerkleinernden Masse würden an die Peripherie der Trommel geschleudert werden und dort unbeweglich verharren. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommeln muß vielmehr eine derartige sein, daß die Bronzekugeln bis auf eine gewisse Höhe gehoben werden und von da über die Leisten zurückfallen.

Sobald der Inhalt der Trommel den erwünschten Grad der Zerkleinerung erreicht hat, hält man die Trommel an, nimmt die hölzerne Thür ab und setzt statt derselben ein grobes Messingsieb ein. Nunmehr versetzt man die Trommel wieder in langsame Bewegung. Das zerkleinerte Pulver fällt in den mit Wachstuch ausgeschlagenen Behälter d, während die Kugeln in der Trommel zurückbleiben.

Vom Behälter d gelangt die gepulverte Masse durch einen Schlauch g in ein untergestelltes Faß.

Die Bronzekugeln müssen aus harter Bronze (75 Percent Kupfer und 25 Percent Zinn) bestehen, damit sie sich nicht allzu rasch abnutzen. Trotzdem ist die Abnutzung eine ziemlich bedeutende und beträgt z. B. in Spandau für 50 Kilogr. gepulverte Kohle etwa 90 Gramm (entsprechend 0·18 Percent).

Was nun die Art der Zerkleinerung der drei Bestandtheile des Pulvers betrifft, so pulvert man in Deutschland stets die Kohle für sich in der Trommel. Alsdann mengt man den Schwefel mit etwas Salpeter, bringt das Gemenge in die Trommeln und pulvert es ebenfalls.

Der Grund, weshalb man den Schwefel in Deutschland stets zugleich mit Salpeter in die Trommeln bringt, ist darin zu suchen, daß der Schwefel (namentlich im Sommer)

Digitized by Google

geneigt ist, beim Erwärmen sich an der inneren Fläche der Trommel festzusetzen und auf diese Weise einer weiteren Einwirkung der Kugeln zu entgehen. Für sich allein in der Trommel gepulverter Schwefel verschmiert aber nicht nur die Trommel, sondern ruft auch Feuererscheinungen in derselben hervor. Es mag dies mit den sehr starken, elektrischen Eigenschaften zusammenhängen, welche bekanntlich der Schwefel beim Reiben erhält.

In Spandau und Dresden giebt man auf etwa 70 Kilogr. Kohlen 90 Kilogr. Bronzekugeln von 1·3 Cm. Durchmesser in die Brechtrommel und läßt letztere in $1^1/_2$ Stunden 900 Umdrehungen machen. Hierauf bringt man die gepulverte Kohle aus der Trommel.

Den Schwefel zerschlägt man zuerst mit hölzernen Hämmern in kleine Stücke und bringt auf 80 Kilogr. des Gemisches von Salpeter und Schwefel 100 Kilogr. Bronzekugeln in die Trommel. Gewöhnlich nimmt man gleiche Theile Salpeter und Schwefel und läßt die Trommel in zwei Stunden 1200 Umdrehungen machen. Nach Ablauf dieser Zeit ist das Gemenge fein genug gepulvert.

Zur Bereitung des Jagdpulvers werden in Frankreich 18 Kg. Kohle mit 150 Kg. Bronzekugeln von 4 Mm. Durchmesser in der Trommel 12 Stunden bei 30 Umdrehungen in der Minute bearbeitet. Alsdann giebt man 15 Kg. Schwefel in Stücken hinzu und bearbeitet das Gemenge so lange in der Trommel, bis es fein genug gepulvert und gehörig mit einander vermischt ist.

Aehnliche Methoden, jedoch mit jeweiligen unwesentlichen Abänderungen, sind in Oesterreich, Rußland und den übrigen europäischen Staaten üblich.

3. Das Mengen der gekleinten Bestandtheile des Pulvers. Dasselbe wird fast ausnahmslos

Digitized by Google

in Mengtrommeln vorgenommen.*) Letztere unterscheiden sich dadurch von den Pulverisirtrommeln, daß sie ganz aus Leder bestehen.

Das Mengen dauert mit 100 Kg. Satz und 150 Kg. Bronzekugeln etwa 3 Stunden bei 10 Umdrehungen in der Minute.

Alle Stunden arretirt man die Trommel, um sämmtliche Zapfenlager und Pfannen zu schmieren.

Wenn die Operation ihrem Ende nahet, klopft man mit einem hölzernen Hammer öfters an die Trommel, damit Satz und Kugeln nicht an einer Stelle ankleben und dann plötzlich in größerer Menge herabfallen, wodurch der ungestörte, gleichmäßige Fortgang des Mengens nicht nur gestört, sondern auch die Gefahr einer Explosion vorhanden sein würde.

Jede Erwärmung der Trommel sucht man während der Operation des Mengens sorgfältig zu vermeiden.

Der fertig gemengte Satz darf auch mit bewaffnetem Auge nur das Ansehen einer völlig gleichartigen Masse bieten, er muß sich sammetartig anfühlen und eine gleichmäßige graue Farbe zeigen.

Zu Waltham-Abbey in England haben die dort angewendeten 1 Meter weiten und $1^1/_3$ Meter langen Eisenblechtrommeln eine bemerkenswerthe Einrichtung. Trommel und Achse haben jede eine selbstständige, aber umgekehrte Bewegung. An der Achse sind fünf eiserne Arme angebracht, welche mit einer Reihe großer Löcher durchbrochen sind und

*) In Ostindien und zuweilen auch in England wird das Mengen auf Walzmühlen vorgenommen. Die Pulverbestandtheile erfahren in diesem Falle, bevor sie auf die Walzmühle kommen, schon eine vorläufige Mengung.

Digitized by Google

in eine Gabel mit drei Zinken endigen. Durch diese Anordnung wird eine innige Mischung herbeigeführt.

3a) Das Mengen und Dichten in einer einzigen Operation. Zuweilen wird noch — namentlich auf den älteren Werken — Mengen und Dichten des Pulversatzes mit einander verbunden. Man kann dieses combinirte Verfahren entweder in Stampfmühlen oder auf Walzmühlen ausführen.

α) in Stampfmühlen. Gewöhnlich werden die einzelnen Bestandtheile zuvor in Trommeln zerkleinert, und zwar in Deutschland, wie schon erwähnt, die Kohle für sich und der Schwefel, mit seinem gleichen Gewicht Salpeter vermengt, ebenfalls für sich. Alsdann giebt man noch die fehlende Menge Salpeter hinzu und arbeitet die ganze Masse in den Stampflöchern mit den Händen oberflächlich durcheinander.

Hierauf begießt man die Masse mit Wasser, läßt die Stempel auf den Satz, schließt die »Staubläden« (mit einem Loch versehene Deckel, durch welche die Stempel hindurchgehen) und setzt die Stempel anfänglich sehr langsam in Bewegung. Allmälich beschleunigt man die Bewegung, bis sich die Anzahl der Stöße auf 60 in der Minute beläuft.

Bei dieser Stampfarbeit kommt Alles darauf an, daß der Pulversatz weder zu viel, noch zu wenig Wasser enthielt. Denn ist die Masse zu naß und also zu dünnflüssig, so nimmt sie eine brei- oder salbenartige Beschaffenheit an. Sie verspritzt alsdann leicht und haftet zu viel an Mörserseiten und Stempelschuhen. Umgekehrt verstäubt ein zu trockener Brei zu leicht und läßt den Stempelschlag nicht gehörig durchdringen. Die Masse fühlt sich, wenn sie den richtigen Feuchtigkeitsgrad hat, wie feuchte Erde an. Sie

Digitized by Google

muß in dieser Beschaffenheit einen Teig bilden, welcher durch den Schlag der Stempel an den Wänden des Mörsers hinaufgetrieben wird und durch die Neigung desselben sich nach und nach von selbst wieder loslöst und herunterrutscht.

Es ist übrigens auch bei ganz richtigem Feuchtigkeitsgrade der Mischung nicht zu vermeiden, daß sich auf dem Boden der Stampflöcher und an den Stempelschuhen eine feste Masse ansetzt. Da dieselbe stets von neuem der Wirkung der Stempel ausgesetzt wird, so erhärtet sie immer mehr und könnte schließlich sich durch die beständigen Stöße bis zur Entzündungs-Temperatur des Schießpulvers erhitzen.

Um dies zu umgehen, erfolgt das sogenannte Wechseln (Umsetzen). Hierbei füllt man, nachdem das Wasserrad gestellt und die Stempel gehoben sind, den Inhalt des ersten Stampfloches in ein nebenstehendes Gefäß, in das erste Loch den Inhalt des zweiten u. s. w. In das letzte Stampfloch kommt der Inhalt des Gefäßes. Die etwa anhaftenden Krusten werden mit einem schaufelartigen Instrumente abgekratzt.

Das Wechseln erfolgt das erste Mal nach 2000 Schlägen und alsdann nach je 4000 Schlägen. Im Ganzen wird 6—8mal gewechselt. Schließlich läßt man zur Dichtung der Masse die Stempel noch einige Zeit bei höherem Hub gehen.

Der Pulversatz wird bei dem Wechseln, falls er zu trocken geworden ist, frisch befeuchtet. Bestimmte Vorschriften lassen sich in dieser Beziehung nicht geben. Es bleibt vielmehr die so wichtige Frage, von welcher vielleicht das Wohl und Wehe einer ganzen Anzahl von Menschen abhängt, die Frage, wann ist Wasser und wieviel jedesmal zuzusetzen, ganz dem geübten Blick des Arbeiters überlassen. Je nach

Digitized by Google

den Witterungs- und Temperatur-Verhältnissen wird man heute mehr, morgen weniger Wasser zuzusetzen haben.

β) in Walzmühlen. Dieses Verfahren ist im Wesentlichen ganz dasselbe, wie solches bei dem »Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation« angegeben wurde. Es sei nur hier erwähnt, daß man zweckmäßig, wie es in Holland geschieht, die zuvor gekleinten Bestandtheile statt direct auf die Mühle zu bringen, einer vorläufigen Mengung in großen Tonnen unterzieht.

4. Das Dichten oder Pressen des Pulversatzes. Durch diese Operation soll die Wirksamkeit des Pulvers erhöht werden. Indem dieselbe Menge Pulver auf einen engeren Raum zusammengepreßt wird, wird die Gasmenge, die sich aus der Raumeinheit Pulver beim Entzünden entbindet, beträchtlich vermehrt und in demselben Verhältniß wächst auch die Spannkraft des Pulvers.

Indessen hat das soeben Gesagte nicht unbeschränkte Geltung, sondern auch seine Grenzen. Wird nämlich das Pulver sehr stark zusammengepreßt, so pflanzt sich die Verbrennung in dem dichten festen Pulver nur langsam fort, die Verbrennungswärme sinkt und damit auch die Ausdehnung der Gase und demgemäß die Spannkraft des Pulvers. Ist umgekehrt das Pulver zu schwach gepreßt, so zersetzt es sich in seiner ganzen Masse plötzlich und wirkt explodirend.

Je nach der Verwendung des Pulvers giebt man ihm eine verschiedene Dichtigkeit. Bei dem Jagdpulver ist die Dichtung am stärksten, bei dem groben Kanonenpulver dagegen darf sie nicht größer sein, als nothwendig ist, um das Pulver vor dem Zerfallen beim Transporte zu schützen.

Nur das Pulver, dessen Mischung in Stampfmühlen bearbeitet wurde, braucht nicht mehr gedichtet zu werden.

Digitized by Google

Dieser Vortheil des Stampfmühlenpulvers ist aber nur ein scheinbarer, da die mit seiner Bereitung verbundenen Nachtheile zu groß sind. Abgesehen von der beständigen Explosionsgefahr, welche mit der Bereitung des Stampfmühlenpulvers in weit höherem Grade als mit der des Walzmühlen- oder Tonnenpulvers*) verbunden ist, besitzt es eine geringere Anfangsgeschwindigkeit der Kugel, verbreitet einen dickeren und stärkeren Rauch und ist sehr zerreiblich, so daß es beim Transport (im Munitionskasten u. s. w.) Staub erzeugt.

Das Walzmühlenpulver kann zwar, wie wir gesehen haben, auf der Walzmühle gleichzeitig mit dem Mengen oder mit dem Kleinen und Mengen auch gedichtet werden, jedoch wohl nur auf Kosten seiner guten Eigenschaften.

Es werden demnach alle diejenigen Pulver, deren Kleinen und Mengen in Trommeln oder unter Walzmühlen geschieht, in der Regel auch gedichtet werden. Das in Trommeln zerkleinerte und gemengte Pulver muß aber, wie gesagt, stets gedichtet werden.

Das Dichten kann unter Mühlsteinen oder unter Pressen vorgenommen werden.

a) Das Dichten unter Mühlsteinen. Auf einem Lager von Ulmenholz laufen die etwa 2500 Kg. wiegenden Mühlsteine. Dieselben sind von Bronze, haben 1·5 Meter im Durchmesser und 5 Dm. Dicke.

Bei Anwendung von Mühlsteinen geschieht das Anfeuchten des Pulversatzes direct auf dem Lager.

Zuerst ist die Umdrehungs-Geschwindigkeit der Läufer eine langsame, wird allmälich schneller und gegen das Ende wieder sehr langsam. Die am Ende stattfindende

*) Tonnenpulver nennt man in Trommeln hergestelltes Pulver.

Digitized by Google

langsame Umdrehung der Läufer (vier Umdrehungen in der Minute um die Achse) trägt namentlich zum Verdichten des Pulversatzes bei. Durch dieses Dichten wird die auf dem Lagerstein ausgebreitete Pulverschicht beinahe auf den dritten Theil ihrer uriprünglichen Dicke comprimirt.

Das französische Jagdpulver wird unter Mühlsteinen verdichtet.

Es sei hier des Interesses halber einer Methode gedacht, welche bereits vor über zweihundert Jahren bei den Kirghisen und anderen asiatischen Volksstämmen in Gebrauch war und welche gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in Europa eingeführt wurde.

Diese Methode besteht darin, daß man den Salpeter in Wasser auflöst, dazu den gekleinten und mit dem Kohlenpulver gemengten Schwefel giebt und die Masse so lange erhitzt, bis sie noch 15 Percent Wasser hält; nach dem Erkalten, wobei sie noch weitere 10 Percent Wasser verliert, wird sie zur Verdichtung unter Walzmühlen (oder auch in Stampfmörser) gebracht und darnach gekörnt.

Man soll nach diesem Verfahren, welches einige Zeit in Europa hin und wieder angewendet wurde, viel Zeit sparen, vor Explosionen sicher sein und besonders ein in feuchten Räumen sich besser haltendes Pulver erzielen. Aus diesen Gründen hat man neuerdings*) diese Methode wieder empfohlen. Jedoch wohl mit Unrecht. Denn, wie die Versuche**) des preußischen Hauptmannes Dr. Meyer beweisen, ist das auf diese Weise bereitete Pulver zwar luftbeständiger, da die Poren der Kohle besser verschlossen

*) „Berg- und Hüttenmännische Zeitung", 1866. S. 163.

**) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 76.

Digitized by Google

werden, dagegen ist es weniger dicht als das gewöhnliche Pulver. Ersparniß an Zeit ist auch nicht dabei, da der Salpeter heutzutage als feines Salpetermehl verarbeitet wird und die etwa gewonnene Zeit durch das Eintragen von Schwefel und Kohle und das langwierige Abdampfen und Erkaltenlassen wieder verloren geht.

b) Das Dichten unter Pressen. Während bei dem Dichten unter Mühlsteinen der Pulversatz direct auf dem Lagerstein angefeuchtet wird, ist dagegen bei dem Dichten unter Pressen ein vorhergehendes Befeuchten nothwendig.

Früher begoß man den Pulversatz einfach mit einer Gießkanne, deren Brause sehr feine Löcher hatte. Gegenwärtig wendet man ziemlich allgemein folgendes Verfahren an. Der Pulversatz wird auf einem Tische ausgebreitet, der an der äußeren Kante mit aufrecht stehenden Leisten versehen ist. In der Tischplatte befindet sich ein Loch, durch welches der angefeuchtete Satz durchfallen kann. Ueber dem Tische ist ein Glascylinder mit Wasser aufgestellt. Der Cylinder ist mit Theilstrichen versehen; der Zwischenraum zwischen zwei Theilstrichen entspricht $^1/_2$ Kg. Wasser. Vom Cylinder führt ein kupfernes Rohr herab auf den Tisch und endigt wenig oberhalb des letzteren in eine feine Brause, aus welcher das Wasser nach Oeffnen eines kupfernen Hahnes ausfließt.

Man befeuchtet den Pulversatz allmälich mit 10 Percent Wasser und rührt ihn beständig mit rechteckigen, hölzernen Brettern, die ein halb ovales Loch zum Durchführen der Finger haben, durch. Nachdem durch dieses beständige Durchrühren die Feuchtigkeit sich ganz gleichmäßig über die ganze Pulvermasse vertheilt hat, wird letztere durch das

Digitized by Google

Loch in der Tischplatte in untergestellte Kübel abgelassen und sofort gepreßt.

Das Dichten unter Pressen kann entweder durch Schrauben- oder hydraulische Pressen oder durch Walzenpressen geschehen. Erstere Art des Dichtens (mit Schrauben-, respective hydraulischen Pressen) ist gegenwärtig ziemlich durch das Pressen unter Walzen verdrängt.

Bei Anwendung von hydraulischen Pressen stellt man öfters den Preß- und den Druckcylinder in zwei verschiedenen, durch eine starke Mauer von einander getrennten Zimmern auf, um sich vor etwaiger Explosion möglichst zu schützen.

Man breitet die Pulvermasse auf einer Kupferplatte von etwa 1 Meter Länge und $^1/_2$ Meter Breite in einer 9 Millimeter dicken Schicht gleichförmig aus, bringt sie in einen hölzernen Rahmen und bedeckt sie mit feuchter Leinwand. Darauf kommt eine zweite Kupferplatte mit Satzschicht und feuchter Leinwand. Nachdem man eine gewisse Anzahl solcher Schichten über einander aufgethürmt hat, kommt das Ganze unter eine hydraulische oder Schraubenpresse und wird hier jede Schicht von 9 Millimeter auf 2 Millimeter zusammengepreßt.

Das Dichten unter Walzwerken wird in den deutschen und französischen Pulverfabriken angewendet.

Das Walzwerk besteht aus drei Walzen, von denen die obere und untere Walze aus Bronze angefertigt sind, während die zwischen beiden liegende aus Holz besteht. Durch ein Wasserrad wird die unterste Walze in Bewegung gesetzt. Durch die entstehende Reibung mit der zweiten fängt auch letztere an sich zu drehen und auf dieselbe Weise wird von dieser mittleren Walze die Bewegung auf die obere (Druck-)Walze übertragen.

Digitized by Google

An der Decke des Zimmers befinden sich zwei lange Hebel, die an ihren Enden durch einen Flaschenzug niedergedrückt werden. Dieser letztere wird durch einen kleinen Hebel, der mit Gewichten beschwert ist, angespannt und so ein Druck von etwa 30.000 Kg. auf die Achse der oberen Walze ausgeübt.

Zwischen der mittleren hölzernen und der oberen Druckwalze geht ein leinenes oder ledernes Band ohne Ende durch, welches über hölzerne Leitrollen läuft.

Vor den Walzen steht der hölzerne Füllkasten, in den man das angefeuchtete Pulver bringt. Durch das Oeffnen eines unten am Kasten angebrachten Schiebers fällt stets eine entsprechende Menge des Pulversatzes auf das stetig dahingleitende Tuch ohne Ende.

Der aus den Walzen heraustretende gedichtete Pulverkuchen hat das Ansehen und die Härte des Thonschiefers. Er bricht, sowie er aus den Walzen kommt, durch seine eigene Schwere ab und fällt in einen untergestellten Kasten.

Die Druckwalze soll in 12 Minuten eine Umdrehung machen. Von der Umdrehungs-Geschwindigkeit dieser Walze hängt der ausgeübte Druck, also auch die Dicke des Pulverkuchens, sowie dessen kubisches und specifisches Gewicht ab.

Merkwürdigerweise verdichtet sich das Pulver im Herbst leichter als in den anderen Jahreszeiten. Der Grund dieser Erscheinung ist noch nicht aufgeklärt.

5. Das Körnen. Würde man die gepreßte Pulvermasse ohneweiters nach dem Trocknen benutzen, so würde sich bei der Entzündung die Verbrennung in diesem dichten, zusammenhängenden Pulverkuchen nur sehr langsam fortpflanzen. Deshalb wird die möglichst gepreßte Masse in kleine Körner getheilt (gekörnt), durch deren offene Zwischenräume die Entzündung einzelner Körnchen rasch von der

Digitized by Google

entstandenen Flamme auf die ganze Masse übertragen werden kann.

Anfangs wendete man das Schießpulver in Mehlform an. Die Türken besaßen selbst zur Zeit des dreißigjährigen Krieges noch keine Kenntniß vom gekörnten Pulver. Im übrigen Europa lernte man um die Mitte des 15. Jahrhunderts das Büchsenpulver körnen, später auch das Geschützpulver.

Je feinkörniger das Pulver, desto rascher entzündet es sich, desto kräftigere Wirkung ist ihm eigen. Je grobkörniger das Pulver, desto schwächer und langsamer erfolgt die Explosion. Das Jagdpulver hat das feinste Korn, das Gewehrpulver ein mittleres und das Geschützpulver das gröbste Korn.

Das feinkörnige Jagdpulver für Geschütze angewendet, würde sehr leicht in Folge der raschen Explosion ein Sprengen des Geschützrohres zur Folge haben. Man darf nicht vergessen, daß die Geschütze aus viel spröderem Material bestehen als der Lauf eines Jagdgewehres.

Eckig gekörntes Pulver ist rund gekörntem vorzuziehen, weil ersteres sich leichter entzündet und das Feuer rascher fortpflanzt, sowie auch in einer Patrone sich dichter zusammensetzt.

Das gekörnte Pulver hat vor dem ungekörnten Pulver außer der schon genannten rascheren Verbrennung noch weitere Vortheile. Zunächst wird durch das Körnen des Pulversatzes seine Entmischung verhindert, weil sich seine Bestandtheile nicht gemäß ihrer Dichtigkeit ablagern können wie im staubförmigen Schießpulver.

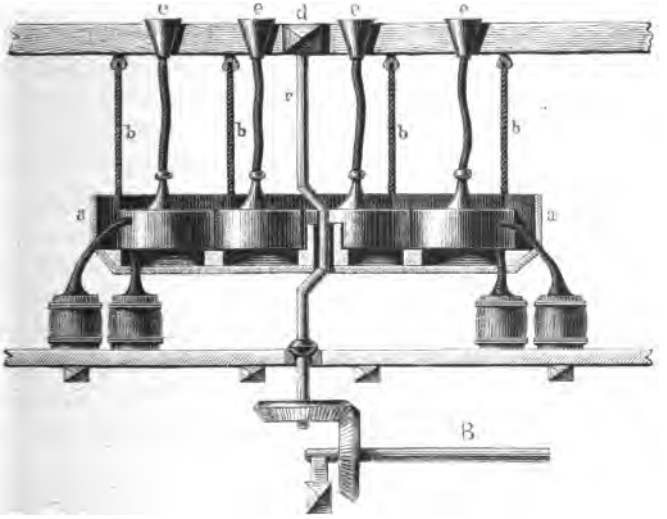
Ferner zieht gekörntes Schießpulver weit weniger Feuchtigkeit aus der Luft an als ungekörntes. Das Durchstäuben des abschmutzenden und unbequem zu handhabenden

Digitized by Google

Staubpulvers durch Säcke und Fässer wird durch das Körnen verhütet.

Die schwächste Wirkung äußerst das Staubpulver, welches deshalb auch nur in der Feuerwerkerei Anwendung findet. Je gröber das Korn, desto mehr Feuchtigkeit zieht das Pulver an. Bei angestellten Versuchen*) zeigte es sich, daß bei fünftägigem Stehen im Keller Jagdpulver (feinste

Fig. 11.



Körnung) 1·0, etwas gröber gekörntes Gewehrpulver 1·3 und Kanonenpulver 4·8 Percent Feuchtigkeit aufnahm.

Was nun das Körnen selbst betrifft, so kann dasselbe a) durch Siebe, b) durch Walzen (Congreve'sche Methode) und c) nach dem Verfahren von Champy geschehen.

*) Erdmann's Journal, Band 10, S. 312; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 153, S. 391.

Digitized by Google

a) Das Körnen durch Siebe. Man wendet hierzu in den neueren größeren Pulvermühlen fast ausnahmslos die Lefebvre'sche Körnmaschine an.

Dieselbe hat folgende Einrichtung: In einem achteckigen, oben offenen Kasten a (Fig. 11) sind nebeneinander 8—12 Siebe befestigt. Die senkrecht stehende, schmiedeeiserne Kurbel c geht durch die Mitte dieses Kastens. Oben findet die Kurbel in dem horizontalen Balken d einen Stützpunkt.

Die Kurbel wird in Bewegung gesetzt durch die unten angebrachten Zahnräder, die ihrerseits ihre Bewegung durch die mittelst eines Wasserrades getriebene Welle B erhalten.

Der Kasten ist mit Seilen oder kupfernen Stangen (b b) an dem horizontal liegenden Balken derart aufgehängt, daß die in Bewegung gesetzte Kurbel mittelst des Krummzapfens demselben und folglich dem ganzen Siebsysteme eine kreisende, jedoch nicht drehende Bewegung mittheilt.

Wir haben uns nun die innere Einrichtung der Siebe etwas näher anzusehen.

Jedes der acht oder zwölf in dem Kasten befindlichen »Siebsysteme« ist aus drei Sieben zusammengesetzt: 1. aus dem Schrotsiebe A (Fig. 12), in welchem sich ein »Läufer« (c), das heißt ein linsenförmiges Stück harten Holzes (Eichen-, Vogelbeer- oder Guajacholz) befindet. Durch die rotirende Bewegung des Siebsystems dreht sich der Läufer stets um sich selbst, indem er dabei an der Peripherie des Siebes entlang sich bewegt. Die an die Peripherie geschleuderten Pulverstücke werden von ihm zerkleinert und durch die Löcher des Siebes gedrückt.

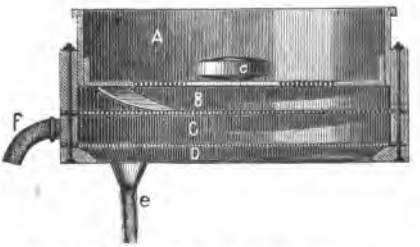
Um die Anhäufung einer großen Menge staubförmigen Pulvers zu vermeiden, kann das Schrotsieb nicht mit so feinen Löchern versehen werden, daß das im zweitunterſten Siebe anlangende Pulver eine brauchbare Körnerform besitzt.

Digitized by Google

Deshalb bringt man eine besondere Vorrichtung an, die es ermöglicht, eine nochmalige Zerkleinerung der im zweiten Siebe bleibenden Pulvermasse zu bewirken.

Zu diesem Zwecke ist der (aus gelochtem Kupfer- oder Messingblech bestehende) Boden des Schrotsiebes mit zwei großen Oeffnungen versehen, in welchen schräg und dem Sinne der Bewegung entgegengesetzt liegende rinnenförmige Kupferbleche bis nahe an den Boden des zweiten Siebes herabreichen. Die im zweiten Siebe sich befindenden gröberen Pulverkörner werden in Folge der Centrifugalkraft gegen die Rinne geschleudert, schieben sich in dieser von selbst hinauf und gelangen so wieder in das obere Sieb, wo sie durch die Läufer von Neuem zerkleinert werden.

Fig. 12.



Das Schrotsieb ist während der Arbeit mit einem hölzernen Deckel verschlossen.

Das zweite Sieb oder Körnsieb (B) besteht aus Messingdraht, bei welchem 20 Maschen auf den Quadratcentimeter kommen. Die durch das Körnsieb durchgesiebte Pulvermasse gelangt auf das Staubsieb (C). Von hier aus wird der Staub nach D und von da durch den Schlauch e in das untergestellte, für Pulverstaub bestimmte Faß befördert. Das gekörnte Pulver aber, welches durch die engen Maschen von C nicht mehr hindurchkommt, wird in Folge der kreisenden Bewegung an die Peripherie des Staubsiebes geworfen und durch den Schlauch F ebenfalls in ein besonderes Faß befördert.

Digitized by Google

Es bleibt noch zu erwähnen, in welcher Weise die Siebsysteme mit Pulver gefüllt werden. Der zuvor mit hölzernen Hämmern zerschlagene gepreßte Pulverkuchen wird (in Mengen von $2^1/_2$ Kilogr.) in die kupfernen Trichter e (Fig. 11) eingeschüttet. Daran angeschmallte Tuchschläuche, deren Ende mit einer kupfernen Tülle versehen ist, welche mit einer solchen am Siebdeckel leicht verbunden werden kann, befördern das Pulver in die Siebsysteme.

Alle zwei bis drei Minuten schüttet man Pulverkuchen in jeden Trichter ein. Die Maschine bleibt so lange im Gange, bis sich nach Ausweis der staubigen Beschaffenheit des Pulvers die Drahtsiebe verstopft haben, was nach der Körnung von etwa 500 Pulverkuchen erforderlich ist.

Es werden alsdann die Siebe herausgenommen und gereinigt, zuvor aber sofort neue Siebe eingesetzt.

Der in dem besonderen Fasse sich ansammelnde Pulverstaub wird wieder mit Wasser befeuchtet und kommt auf's Neue unter die Preßwalzen.

b) Das Körnen durch Walzen. (Congreve'sche Methode.) Die Congreve'sche Körnmaschine (seit 1819 in England eingeführt) besteht aus drei Paar Messingwalzen, welche mit vierseitigen Pyramiden (»Diamantspitzen«) versehen sind. Durch ein Tuch ohne Ende gelangt der Pulverkuchen zum obersten Walzenpaare. Der Boden des viereckigen Kastens, in welchem sich der Pulverkuchen befindet, kann nach Art des Kolbens in einem Pumpenstiefel sich senken und heben. Indem der Boden nun langsam aufwärts steigt, läßt er aus einer seitlichen Oeffnung die Pulvermasse gleichmäßig auf das Tuch ohne Ende fallen.

Indem das Pulver zwischen den Walzen hindurchgeht, wird es gekörnt und fällt dann auf zwei Systeme von Sieben aus Drahtgeflecht, die durch die Maschine, welche

Digitized by Google

sie fortbewegt, zugleich eine rüttelnde Bewegung erhalten. Unter den Walzenpaaren liegt ein geneigtes Sieb, dessen Maschen so eng sind, daß sie das Kanonenpulver nicht, wohl aber das Gewehrpulver und den Staub durchlassen. Unter ihm befindet sich ein zweites Sieb, welches den Staub, nicht aber das Gewehrpulver hindurchfallen läßt. Unter dem zweiten Sieb endlich befindet sich der zur Ansammlung des Staubes bestimmte Apparat.

Die Congreve'sche Körnmaschine erzeugt zwar nicht viel Staub, da durch ihre Wirkung der Pulverkuchen nur zerbröckelt, nicht aber zermalmt wird, dagegen ist sie etwas zu complicirt. Auch wird viel Pulver verzettelt, wodurch leicht Explosionen herbeigeführt werden können.

c) Die Champy'sche Körnmethode. Dieselbe stammt aus der Zeit der französischen Revolutionskriege und verdankt ihre Entstehung ebenso wie die beim Zerkleinern der Pulverbestandtheile angewendete Pulverisirtrommel dem durch den damaligen kolossalen Pulververbrauch fühlbar werdenden Bedürfniß, die einzelnen Operationen der Pulver-Fabrikation möglichst zu beschleunigen.

Der Champy'sche Körnapparat besteht aus einer hölzernen Trommel, durch deren hohle Achse ein mit feinen Löchern versehenes Kupferrohr mitten in die Trommel mündet.

Indem die Trommel sich rasch dreht, ergießt sich ein feiner Staubregen in den Pulversatz. Jedes Wassertröpfchen bildet den Mittelpunkt eines allmälich entstehenden Pulverkornes. Indem letzteres beständig in dem feuchten Pulver herum sich bewegt, vergrößert es sich einem Schneeball ähnlich durch Ansetzen von immer neuen concentrischen Schichten.

Haben die Körner die nöthige Größe erreicht, so arretirt

Digitized by Google

man die Trommel. Die erhaltenen Pulverkörner werden nunmehr sortirt.

Diese Methode ist jetzt nirgends mehr im Gebrauch. Abgesehen davon, daß rund-gekörntes Pulver das Feuer weniger rasch fortpflanzt als eckig-gekörntes, haben auch die nach dem Champy'schen Verfahren erhaltenen Pulverkörner nie eine genügende Dichtigkeit; auch lassen sie sich nicht völlig trocknen, ohne daß ihre Haltbarkeit darunter leidet.

6. Das vorläufige Lufttrocknen. Das gekörnte Pulver kann man nicht ohneweiters in die Polirtrommel bringen. Denn es besitzt noch viel zu viel Feuchtigkeit und würde deshalb bald die Trommel verschmieren. Es muß also zuerst von einem größeren Theil seines Wassergehaltes befreit werden. Künstliche Wärme darf man jedoch hierzu nicht anwenden, das Pulverkorn würde in diesem Falle zu rasch an seiner Oberfläche austrocknen und das Innere des Kornes bliebe auch bei durch längere Zeit fortgesetztem Trocknen immer noch feucht. Außerdem aber würde durch das künstliche Trocknen die Festigkeit des Pulverkornes in hohem Grade beeinträchtigt.

Demnach kommt es darauf an, bei dem vorläufigen Trocknen des Pulvers demselben ganz allmälich das Wasser zu entziehen, mit anderen Worten, das vorläufige Trocknen darf nur ein Trocknen an der Luft sein.

Das Trocknen an der Luft kann man entweder in geschlossenen, aber luftigen Räumen, oder im Freien vornehmen.

Die erstere Art von Trocknen erfolgt in den »Vortrockenhäusern«. Es sind dies langgestreckte, hölzerne Gebäude, die auf beiden Seiten eine große Zahl von Klappenfenstern haben, welche nach außen sich öffnen lassen.

Auf hölzerne Hürden breitet man wollene Decken und

Digitized by Google

auf letztere das Pulver. Von Zeit zu Zeit wendet man das Pulver um oder wechselt allzu feucht gewordene Decken gegen trockene aus. Das Pulver bleibt so lange auf den Hürden, bis es nur noch 3 Percent Feuchtigkeit enthält.

Zum Trocknen des Pulvers im Freien wählt man einen staubfreien, nach Süden gelegenen Ort.

Auf wollene oder leinene Tücher, die auf etwas nach Süden geneigten Tischen liegen, wird das Pulver Morgens bei schönem Wetter in dünnen Lagen von 5—10 Millimeter Dicke ausgebreitet. Von Zeit zu Zeit wendet man das Pulver mit hölzernen Krücken um. Nach Ablauf von einigen Stunden ergreifen zwei Arbeiter je ein Ende eines Tuches und heben dasselbe so weit in die Höhe, daß das Pulver sich ganz in der Mitte des Tuches anhäuft. Alsdann beschwert man die Tuchenden wieder wie vorher mit Backsteinen und breitet die ganze Pulvermasse auf's Neue gleichmäßig über das Tuch aus.

Das Pulver verbleibt auch in diesem Falle so lange auf den Tüchern, bis es nur noch 3 Percent Feuchtigkeit enthält.

7. Das vorläufige Sortiren und Ausstäuben. Durch das vorläufige Trocknen bildet sich immer zugleich etwas Pulverstaub. Diesen Staub hat man zu entfernen, bevor man das Pulver in die Polirtrommel bringt.

Zugleich mit diesem Ausstäuben nimmt man auch ein vorläufiges Sortiren vor in Geschütz- und Gewehrpulver. Der Apparat, in welchem diese beiden Operationen zugleich vorgenommen werden, beruht ganz auf dem uns bekannten Princip der Körnmaschine von Lefebvre.

8. Das Abrunden (Poliren) des Pulvers. Der meist gebräuchliche Namen für diese Operation (»Poliren«) ist nicht zutreffend. Das Pulver soll nicht sowohl durch

Digitized by Google

dieses Verfahren seine Politur erhalten (die ihm erst in den Staubsäcken ertheilt wird), als vielmehr abgerundet werden. Indem durch diese Operation die vielen scharfen Kanten und Ecken, die das gekörnte Pulver besitzt, abgestumpft und die durch das Lufttrocknen entstandenen äußeren Poren der Körner verdichtet werden, verliert das Pulver in beträchtlichem Grade seine Neigung zur Staubbildung sowie die Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen.

Wenn auch abgerundetes Pulver haltbarer ist als nicht abgerundetes, so ist doch letzteres entzündlicher und deshalb wirksamer. Nach angestellten Versuchen verhält sich die Wurfweite des nicht abgerundeten Pulvers zum abgerundeten wie 98 : 75.

Deshalb wird auch in einigen Ländern (Frankreich, Rußland) das Kanonenpulver gar nicht polirt. Ebenso wurde das nach dem Champy'schen Verfahren gekörnte Pulver nicht polirt, da die Körner bereits hinlänglich abgerundet sind. Das Jagdpulver wird stets abgerundet, meist auch das Militärpulver, dagegen nicht das Sprengpulver.

Man würde die Operation des Abrundens sicherlich überhaupt gar nicht vornehmen, wenn nicht die hiermit erzielten Vortheile die Nachtheile ganz entschieden überwiegen würden.

Manchmal (z. B. in Holland) setzt man während des Polirens Graphit zu. Das Pulver erhält hierdurch zwar einen sehr großen Glanz, jedoch auf Kosten seiner Leichtentzündlichkeit. Weniger nachtheilig in Bezug auf die Entzündlichkeit des Pulvers wirkt der durch vorherige chemische Reinigung eigenthümlich präparirte feinblättrige Graphit.*)

Das Abrunden (Poliren) nimmt man in der Regel in Abrundetrommeln vor, welche einen Durchmesser von ungefähr

*) „Berg- und hüttenm. Zeitung", 1862, S. 353.

Digitized by Google

1·8 Meter und eine Tiefe von etwa 0·6 Meter besitzen. Sie unterscheiden sich dadurch von den Mengetrommeln, daß sie auf der Mantelfläche keine Leisten besitzen und die eiserne Achse nicht durch die Trommel gelegt ist, sondern in vier starke eiserne Arme endigt, welche an der hinteren kreisförmigen Seitenwand durch mehrere starke Bolzen mit derselben verbunden sind.

Die beiden kreisförmigen Seitenwände, deren vordere in der Mitte gerade über der Achse eine runde, mit einem Metallring eingefaßte Oeffnung zum Eintragen des Pulvers und zum Entweichen der während des Abrundens auftretenden Wasserdämpfe besitzt, sind durch metallene Bolzen mit Schraubenmuttern, welche außerhalb über die ganze Mantelfläche von der einen Seite bis zu der anderen gehen, fest verbunden und sämmtliches Eisenwerk ist mit hölzernen Futtern versehen.

Eine schwere metallene Thür, welche über die ganze Breite der Mantelfläche geht, dient zum Herauslassen des Pulvers, welches, wie bei den Mengtrommeln, durch einen Lederschlauch in untergestellte Tonnen fällt.

Da das Pulver in der Trommel sich aneinander reibt, entsteht eine beträchtliche Erwärmung der Masse, welche bis auf 60 Grad C. steigt. Um allzu große Temperatur-Erhöhung zu verhüten, vermindert man gegen das Ende der Operation die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel.

In der ersten halben Stunde giebt man der Trommel neun Umdrehungen in der Minute, die man in der zweiten halben Stunde auf zwölf und schließlich auf sechzehn erhöht. Man läßt die Trommel etwa vier Stunden laufen und sie in dieser Zeit ungefähr 3600 Umdrehungen machen. Würde man die Geschwindigkeit der Umdrehungen zu rasch steigern, so würde die im Pulver sitzende Feuchtigkeit zu schnell als

Digitized by Google

Wasserdampf entweichen, was für die Dichtigkeit des Pulvers von Nachtheil wäre. Gleichzeitig aber auch würde sich das Pulver zu stark erwärmen und in Folge dessen dasselbe Klumpen bilden. Diese Klumpenbildung läßt sich ohnehin nicht ganz vermeiden, vielmehr backt regelmäßig ein Theil des Pulvers am Boden der Trommel zusammen. Diese zusammengebackene Masse schadet jedoch nicht, im Gegentheil, sie soll zur Schönheit des Pulvers beitragen. Man entfernt diese Kruste jeden Abend, nachdem drei Operationen in der Trommel vollendet wurden.

Je feiner die Pulversorte ist, desto schneller läßt man die Abrundetrommel sich bewegen.

Man kann das Pulver auch statt in Trommeln in Rollfässern oder in Säcken abrunden.

Die Rollfässer sind in Frankreich noch zuweilen üblich. Es sind dies längliche Tonnen, welche mit Hilfe einer durch die Achse gehenden Welle umgedreht werden können. Die Reibung der Pulverkörner wird hierbei noch dadurch vermehrt, daß in dem Fasse in der Richtung der Achse viereckige Stäbe angebracht sind. Es bildet sich bei diesem Verfahren sehr viel Staub.

Die Säcke, welche man in der Schweiz noch im Gebrauch findet, füllt man je nach ihrer Größe mit 1·5 bis 7·5 Kilogr. gekörnten Pulvers und bindet sie (jedoch ohne die Masse zusammenzudrücken) zu. Alsdann werden die Säcke, indem man beide Hände kräftig darauf stützt, auf einer strahlenförmig gerippten Tafel umhergerollt.

Während des Abrundens bleibt das specifische Gewicht des Pulvers unverändert, dagegen nimmt das kubische Gewicht*) stetig zu, wie folgende Tabelle erkennen läßt:

*) Ueber das specifische und kubische Gewicht des Pulvers siehe weiter unten unter: „Die physikalischen Eigenschaften des Pulvers".

Digitized by Google

Kubisches	Gewicht	vor dem	Abrunden			0·810
»	»	nach 4	Stunden	Abrundezeit		0·833
»	»	» 8	»	»		0·846
»	»	» 20	»	»		0·869
»	»	» 25	»	»		0·878
»	»	» 30	»	»		0·889
»	»	» 42	»	»		0·893

9. Das Trocknen des Pulvers. Das Pulver verläßt die Abrundetrommel mit etwa $1^1/_2$ Percent Feuchtigkeit. Dieser Rest von Feuchtigkeit muß ihm nunmehr völlig genommen werden.

Dies kann entweder durch natürliches oder künstliches Trocknen geschehen.

Das natürliche Trocknen ist, weil es langsamer vor sich geht, dem künstlichen vorzuziehen. Denn letzteres birgt die Gefahr in sich, daß das Pulver durch allzu rasches Trocknen in seiner Festigkeit und Dichte geschädigt und für Anziehung von Feuchtigkeit empfänglich wird. Bei zu raschem künstlichen Trocknen überzieht sich das einzelne Pulverkorn auf seiner Oberfläche mit einer völlig ausgetrockneten, harten Kruste. Im Innern des Pulverkornes aber befindet sich noch Wasser, welches allmälich in Dampf sich verwandelt und die äußere Hülle des Kornes gewaltsam sprengt. Ja sogar bei einer zu raschen Verdampfung kann das aus dem Innern des Pulverkornes entweichende Wasser Salpeter auflösen und an der äußeren Oberfläche des Kornes wieder absetzen. Hierdurch wird ein Zusammenballen der Pulverkörner veranlaßt.

Das Trocknen hat desto langsamer zu geschehen, je größer das Korn ist.

Das natürliche Trocknen erfolgt gerade so, wie wir bei dem vorläufigen Lufttrocknen bereits beschrieben haben.

Digitized by Google

Nur setzt man nunmehr das Trocknen so lange fort, bis das Pulver absolut wasserfrei ist.

Trocknet man direct an der Sonne, so ist die ganze Operation nach etwa vier Stunden beendet. Von Zeit zu Zeit taucht man ein Thermometer in das Pulver, um sich zu überzeugen, daß die Temperatur des letzteren nicht über 60—70 Grad C. steigt. An manchen Orten schützt man das Pulver vor den directen Sonnenstrahlen durch ein über den Tisch ragendes Dach, an welchem mittelst Schnüren und Rollen leinene Tücher aufgezogen werden können.

Zum Trocknen im Schatten sind neun Stunden erforderlich und zeigt das in das Pulver getauchte Thermometer selten mehr als 25 Grad C.

Das Trocknen in Trockenhäusern erfordert durchschnittlich 8—10 Tage.

Das künstliche Trocknen. Der Grund, weshalb man trotz aller Vorzüge des Lufttrockens dennoch in den meisten größeren Fabriken sich künstlicher Wärme zum Trocknen bedient, liegt darin, daß man eben beim Lufttrocknen zu sehr von der Witterung abhängt und zu großer Räumlichkeiten bedarf.

Zum künstlichen Trocknen des Pulvers kann man sich eines in der Mitte eines Zimmers stehenden Ofens bedienen. An den Wänden des Zimmers ist das Pulver auf mit Gitterwerk versehenen und mit wollenen Tüchern bedeckten Hürden ausgebreitet. Dieses Verfahren giebt, obwohl scheinbar sehr gefahrvoll, nur selten zu Unfällen Veranlassung. Zweckmäßiger allerdings steht der Ofen in einem Nebenzimmer.

Am meisten gebräuchlich ist das künstliche Trocknen mit Wasserdämpfen. Auf einem hölzernen Trockenkasten liegt das Pulver (je 75 Kilogr.) auf mit Messingdraht über-

Digitized by Google

spannten und mit leinenen Tüchern bedeckten Holzrahmen. Im Kasten liegen mehrere große, hohle Cylinder aus Kupfer mit durchgehenden parallelen Röhren von gleicher Länge. In die Cylinder läßt man Wasserdampf eintreten und treibt mittelst eines Ventilators durch die davon erhitzten Röhren Luft, welche sich erwärmt, den inneren Raum des Kastens füllt und durch das Pulver von unten nach oben streicht. In einer starken Stunde ist das Trocknen vollendet.

Es sei hier schließlich noch erwähnt, daß man das Pulver auch mit Luft von gewöhnlicher Temperatur, die aber vorher getrocknet wurde, entwässert hat. Bei diesem Verfahren passirt die nicht erwärmte Luft, ehe sie in das Trockenhaus eintritt, einen oder mehrere Räume, in welchen frisch gebrannter Kalk aufgeschüttet ist. Nachdem die Luft an letzteren ihre Feuchtigkeit abgegeben hat, wird sie mittelst eines Ventilators in das Trockenhaus getrieben. Diese Methode ist dann zu empfehlen, wenn man den Kalk sich leicht und billig verschaffen kann und für denselben nach seiner Benützung noch weitere, geeignete Verwendung hat.

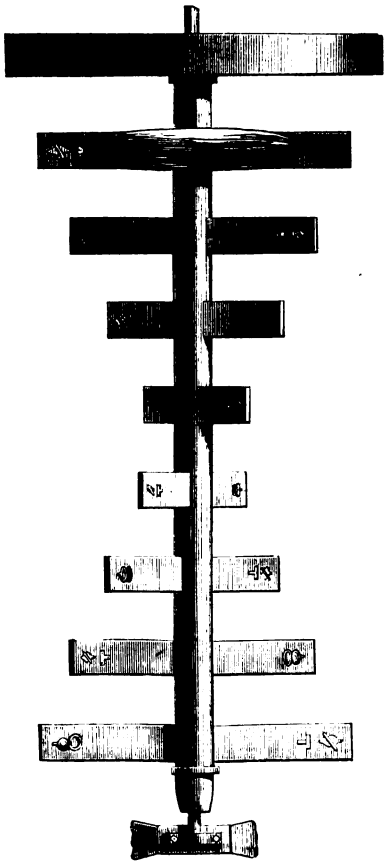
10. Das Ausstäuben des Pulvers. Das Ausstäuben hat einen doppelten Zweck. Es soll durch dasselbe der (ungefähr $^1/_7$ Percent vom Gewichte des Pulvers betragende) Staub entfernt und zugleich auch dem Pulver Politur ertheilt werden.

Früher stäubte man das Pulver in leinenen Säcken aus, die neben einander an der Decke aufgehängt waren. Am unteren Ende der Säcke waren Seile angebracht, welche, mit einer über der Decke des Zimmers liegenden Hebelvorrichtung in Verbindung stehend, die Säcke auf- und niederbewegten.

Digitized by Google

Neuerdings hat man in den größeren Pulverfabriken statt dieser Methode folgende eingeführt:*)

Fig. 13.



An einer horizontalen Staubwelle (Fig. 13) sind acht Staubflügel angebracht, welche schraubenförmig an der Welle angeordnet sind, so daß bei einer gleichen Belastung aller Flügel die Welle nach allen Seiten gleichmäßig angestrengt wird. Jeder Staubflügel, etwa 1·7 Meter lang und 0·1 Meter breit, ist an der vorderen und hinteren Seite mit kupfernen Haken versehen, so daß an jedem Flügel zwei Staubsäcke befestigt werden können. Die Staubsäcke sind 1·32 Meter lang und 2·6 Decimeter breit und an beiden Enden mit Lederösen versehen.

Nachdem die Staubsäcke ausgeklopft und auf Dichtigkeit geprüft worden sind, werden sie mit

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 101.

Digitized by Google

5—7 Kg. Pulver gefüllt, zugebunden und an die Staubflügel befestigt. Die Maschine wird sodann in Bewegung gesetzt und derselben eine Geschwindigkeit von 15 Umdrehungen in der Minute ertheilt. Die Körner wälzen sich in dem Sacke hin und her und erhalten durch die gegenseitige Reibung Glanz, während der Staub durch die Poren des Sackes geschleudert wird. Zur Vermeidung des Umherfliegens von Staub setzt man eine Wand von Leinwand vor die Maschine.

Die Zeit des Ausstäubens mittels dieser Maschine ist in verschiedenen Fabriken verschieden. In Dresden beträgt sie für Geschützpulver 1 Stunde und für Gewehrpulver 2 Stunden, in Spandau für Geschützpulver ungefähr $^1/_2$ Stunde und für Gewehrpulver 1 Stunde.

Schließlich sei hier noch erwähnt, daß das Pulver bei den bis jetzt besprochenen Operationen geringe Veränderungen in seiner ursprünglichen Zusammensetzung erleidet, wie aus nachfolgender Zusammenstellung ersichtlich ist:

	Salpeter	Schwefel	Kohle
Vorschriftsmäßiger Satz	74·00	10·00	16·00
Gemengter Satz . . .	74·03	10·13	15·84
Gedichtetes Pulver . .	73·60	10·25	16·15
Gekörntes Pulver . .	73·66	10·38	15·96
Lufttrockenes Pulver .	73·94	10·20	15·86
Polirtes Pulver . . .	74·43	9·73	15·84
Fertiges Pulver . . .	74·49	9·72	15·79

11. Das Sortiren des Pulvers. Bereits bei dem vorläufigen Sortiren und Ausstäuben wird, wie wir sahen, ein Sortiren des Pulvers vorgenommen. Indessen werden durch die nachfolgenden Operationen des Abrundens, Trocknens und Ausstäubens die Körner in ihrer Größe und Form wieder so geändert, daß ein nochmaliges Sortiren unbedingt nothwendig wird.

Digitized by Google

Die Sortirmaschine besteht aus einem hölzernen Rahmen, welcher an der Decke des Zimmers an vier Lederriemen befestigt ist. In dem Rahmen befinden sich verschiedene Siebsysteme, deren jedes zwei Siebe enthält. Das obere Sieb ist das Geschützpulversieb, dessen Maschen 1·04 Millimeter groß sind, das untere Sieb, das Gewehrpulversieb (mit 0·67 Millimeter Maschenweite). Das Obersieb ist mit einem Deckel bedeckt. In diesen Deckel mündet ein Trichter, durch welchen das Pulver eingeschüttet wird.

Die Sortirmaschine wird aus freier Hand bewegt. Auf dem Obersiebe bleiben alle Pulverkörner liegen, welche größer als Geschützpulver-Körner sind, auf dem zweiten (Gewehr-) Siebe bleibt das Geschützpulver. Das Gewehrpulver fällt durch das Gewehrsieb in einen Schlauch und von da in ein untergestelltes Pulverfaß.

12. Das Vermengen des Pulvers. Es läßt sich nicht vermeiden, daß trotz des Sortirens in jeder Pulversorte Körner von verschiedener Größe sich befinden. Es wird deshalb, wenn man beispielsweise eine Reihe von Tonnen sortirten Geschützpulvers mit einander vergleicht, das kubische Gewicht in den einzelnen Tonnen ein oft merkbar verschiedenes sein. Das Vermengen bezweckt nun, ein Pulver von möglichst derselben Beschaffenheit und möglichst demselben kubischen Gewicht zu erzielen.

Zu diesem Zwecke dient folgender Apparat. Ein hölzernes flaches cylindrisches Gefäß ist mittels eines starken runden Balkens an der Decke aufgehängt. Das hölzerne Gefäß hat mehrere (in der Regel sechs) kreisrunde Oeffnungen im Boden, welche Kupfertrichter, die sich nach unten verjüngen, aufnehmen. Sie laufen vom Boden des Gefäßes schräg nach unten und münden in eine gemeinsame Röhre, die in der verlängert gedachten Achse des Balkens liegt.

Google

Jeder dieser Kupfertrichter faßt 100—200 Kg. Pulver. Nachdem die sechs Trichter mit Pulver gefüllt wurden, läßt man die ganze Masse in die gemeinschaftliche Röhre fließen, wo sie sich mengt und von wo sie durch einen ledernen Schlauch in eine untergestellte Tonne läuft. Verschließt man den Lederschlauch, so kann das Pulver in den Trichtern nicht ausfließen.

Ist die untergestellte Tonne gefüllt, so verstopft sich der Schlauch an seiner Mündung von selbst und schließt sich durch Aufziehen und Umbiegen.

Wenn man auf diese Weise eine »Specialvermengung« des Pulvers vorgenommen hat, so kann man dadurch, daß man von jeder »Specialvermengung« je ein Faß nimmt und also je sechs Fässer auf die oben angegebene Art mit einander vermengt, eine »Generalvermengung« noch nachfolgen lassen.

Die gepreßten Pulversorten.*)

Während die französischen Revolutionskriege mit ihrem plötzlich gesteigerten Pulverbedarf sehr zur Vervollkommnung der maschinellen Einrichtungen der Pulver-Fabrikation beitrugen und während der Krim-Krieg die bis dahin gebräuch-

*) „Archiv für die Officiere der kgl. preuß. Artillerie und Ingenieur-Corps", Band 61, S. 143; Band 69, S. 53; Prismatisches Pulver in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 202, S. 348; Kieselpulver in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 196, S. 308; Band 202, S. 347; Cylinderpulver in „Polyt. Centralbl." 1871, S. 571; Allgemeines in R. v. Wagner's „Handbuch der chem. Technologie", 10. Aufl., S. 193; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, S. 104.

Digitized by Google

liche Gewinnung des Salpeters in Salpeter-Plantagen beseitigte und die Fabrikation des Conversions-Salpeters im Gefolge hatte, so hat auf der anderen Seite der amerikanische Bürgerkrieg, respective die Einführung der gepanzerten Schiffe in diesem Kriege das gepreßte Pulver entstehen lassen.

Die nächste Frage bei Einführung der Panzerschiffe mußte sein: »Auf welche Weise läßt sich die Wirksamkeit des Pulvers derart erhöhen, daß die Geschosse die Panzerplatten durchdringen können?« Die praktischen Amerikaner haben noch in demselben Kriege diese Frage richtig gelöst.

Zunächst dachte man daran, die Pulverladung zu vermehren. Allein man überzeugte sich bald, daß das gewöhnliche Geschützpulver hierzu nicht benutzt werden konnte. Bei der vermehrten Ladung entwickelten sich zu plötzlich und zu große Mengen von Gas. Die Gasspannung war in Folge dessen eine zu hohe.

Man stellte in Folge dessen in Amerika Versuche an über die Gasspannungen, welche entstehen, wenn man Pulver von sehr verschiedener Körnergröße als Ladung benutzt. Die Versuche ergaben, daß sich mit der Verkleinerung des Kornes Gasspannung, Anfangs-Geschwindigkeit und Schußweite vergrößern.

Da nun aber kleine Körner das Geschützrohr zu stark angreifen, so wählte man den entgegengesetzten Weg, man nahm recht große Körner und suchte die dadurch eintretende Verminderung der Anfangs-Geschwindigkeit der Geschosse durch Vermehrung der Pulverladung wieder auszugleichen.

In Folge dieser und ähnlicher Versuche wurde im Jahre 1862 in Amerika das Mammuth-Pulver eingeführt, dessen Körner einen Durchmesser von 1·56 bis 2·34, ja später sogar bis 2·6 Cm. hatten.

Digitized by Google

Das Mammuth-Pulver wurde bald durch das prismatische Pulver verdrängt. Zur Bereitung des letzteren wurde man durch folgende Ueberlegung geführt: Wendet man zu größeren Ladungen ein feinkörniges Pulver an, so verbrennt das Pulver bei seiner Entzündung augenblicklich, weil es der Flamme zu große Oberfläche darbietet. In Folge dessen wird im ersten Augenblick ein großer, mehr sprengender, als nachhaltig treibender Gasdruck im Rohre vorhanden sein, während der Rest der entwickelten Kraft im Verhältniß zum ersten Theile nur gering ist. Man sann deshalb auf ein Mittel, die Oberfläche des Pulverkornes derart zu verringern, daß das Korn nicht augenblicklich, sondern allmälich durch seine ganze Masse verbrenne. Bei der bedeutenden Länge des Rohres der schweren Geschütze konnten alsdann die Gase, indem sie sich langsamer entwickelten als die des gewöhnlichen Pulvers, vollständig auf das Geschoß wirken, noch ehe letzteres die Mündung verließ.

Anfänglich versuchte man nun, aus dem Pulversatze unmittelbar durch Pressen Kartuschen und Patronen zu erzeugen. Da jedoch in diesem gepreßten Pulver alle Zwischenräume fehlten und das Pulver in Folge dessen langsam verbrannte, wurde ein großer Theil der Ladung aus dem Rohre herausgeworfen, ehe derselbe zur Verbrennung gelangt war.

Deshalb verfiel man schließlich auf den Gedanken, das comprimirte Korn durch Canäle seiner Länge nach zu durchbohren. Ein derartiges Korn verbrennt bei der Entzündung sowohl von außen, als auch im Innern, verbrennt aber langsamer als feingekörntes Pulver. Der beabsichtigte doppelte Zweck ist also erreicht.

Auf diese Weise wurde das prismatische Pulver

Digitized by Google

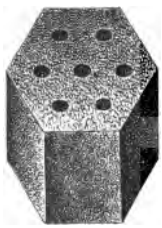
erfunden. Dieses Pulver ist nichts anderes, als gewöhnliches Pulver, welches in sechseckigen Formen comprimirt wurde und welches bei dieser Verdichtung durch geeignete Construction der Presse zugleich mehrere (in der Regel sieben in der Längsrichtung durchgehende Canäle erhält (Fig. 14).

Von Amerika aus, wo das prismatische Pulver im Jahre 1861 zuerst dargestellt wurde, fand dasselbe seinen Weg nach Rußland und von da nach Deutschland.

In Rußland wird es hauptsächlich in der Pulverfabrik Otka (nach anderer Lesart: Ockta) bei St. Petersburg, in Deutschland in der Pulverfabrik zu Spandau fabricirt.

Die Presse besteht aus drei Theilen, einem unbeweglichen Mitteltheile, in welchem sich die sechseckige Form befindet, und einem Ober- und Untertheile, welche nach entgegengesetzter Richtung beweglich sind. Im Untertheile sind sieben Stahlnadeln, im Obertheile sieben den Nadeln entsprechende Canäle angebracht.

Fig. 14.



Durch den Druck, welcher von dem Obertheile sowohl wie von dem Untertheile auf die Pulverkörner ausgeübt wird, erfolgt ein Zusammenpressen der letzteren und mit zunehmender Pressung treten die emporsteigenden Nadeln in die correspondirenden Canäle ein.

In Spandau werden die prismatischen Pulverkörner rascher getrocknet als in Otka. In letzterer Fabrik kommen sie mit einem Wassergehalt von 7 Percent unter die Presse.

Das specifische Gewicht der Pulverkörner ist 1·66 (in neuester Zeit sogar 1·76); das absolute Gewicht schwankt zwischen 37 und 40 Gramm.

Digitized by Google

Die Vortheile des prismatischen Pulvers liegen in seiner verdichteten Beschaffenheit sowohl als in dem Vorhandensein der Längsdurchbohrungen. Das prismatische Pulver hat im Anfange der Verbrennung wenig Oberfläche im Vergleiche zu feingekörntem Pulver. In dem Maße jedoch, als das prismatische Pulver von innen nach außen fortschreitend abbrennt, vergrößert sich seine Oberfläche. In demselben Verhältniß, als seine Oberfläche sich allmälich beim Abbrennen vergrößert, wächst auch allmälich die Gasspannung. Dadurch, daß aber das prismatische Pulver im Anfange der Explosion weniger Gas erzeugt als das gewöhnliche Pulver, erhält das Geschoß im Anfange seiner Bewegung eine geringere Geschwindigkeit. Die Folge hiervon ist ein gleichförmiger Eintritt des Geschosses in die Züge, eine regelmäßigere Bewegung desselben und eine geringere Deformation des Bleimantels. Der gleichförmigen Bewegung des Geschosses in der Seele entspricht gleichförmigere Richtung des Fluges und gleichförmige Geschwindigkeit; der Schonung des Bleimantels entspricht gleichförmige Bewegung in der Luft.

Wegen dieser vielen Vorzüge haben Preußen und Rußland das prismatische Pulver für die Geschütze ihrer Marine- und Küstenartillerie ausschließlich angenommen.

In England hat man bis jetzt das prismatische Pulver noch nicht eingeführt, dagegen sind in diesem Lande in neuerer Zeit verschiedene andere gepreßte Pulversorten aufgetaucht, von denen folgende hier erwähnt sein sollen.

Das englische großkörnige Pulver für gezogene Geschütze (large grained rifle powder, im Handel bezeichnet mit l. g. r. p.). Dasselbe wurde seit 1860 von Armstrong für seine Geschütze angewendet. Seine Körner

Digitized by Google

besitzen etwa die Größe von Haselnüssen. Dieselben werden in hölzernen Trommeln mit Graphit polirt, um die Verbrennung zu verlangsamen. Im Durchschnitt gehen 13.000 Körner auf 0·454 Kg. Diese gepreßte Pulversorte besteht aus 76·4 Percent Salpeter, 8·8 Percent Schwefel und 14·8 Percent Kohle.

Das englische Cylinderpulver (Pellet powder) wird seit 1867 in England dargestellt. Um die Vervollkommnung seiner Fabrikation in maschineller Beziehung hat sich besonders John Anderson zu Woolwich verdient gemacht.

Dieses Pulver wird gegenwärtig in Waltham-Abbey, der berühmten königlichen Pulvermühle bei London, fabricirt.

Das englische Kieselpulver (Pebble powder) hat seinen Namen von der Aehnlichkeit seiner Körner mit gewöhnlichen Kieselsteinen. Es unterscheidet sich von dem schon genannten großkörnigen Pulver für gezogene Geschütze nur durch die Größe und Dichtigkeit seiner Körner. Man stellt es dar, indem man den Pulversatz auf die Dichtigkeit von 1·8 zusammenpreßt und den Pulverkuchen in Stücke zerschlägt, welche durch ein Sieb von 18 (nach Anderen: 17) Millimeter Maschenweite noch hindurch gehen, aber auf einem Siebe von 15 (nach Anderen von 13) Millimeter Maschenweite liegen bleiben.

Diese Brocken werden in einer Rotirtrommel mit etwas Graphit rollirt, bis sie das Ansehen von schwarzen abgerundeten Kieselsteinen erhalten. Es soll auch für gezogene Hinterlader dem prismatischen Pulver überlegen sein.

Schließlich sei hier noch eine Analyse dieser drei englischen gepreßten Pulversorten mitgetheilt:

Digitized by Google

	Kieselpulver	l. g. r. p. (großkörniges Pulver)	Pelletpulver (Cylinder-pulver)
Salpeter	74·67	74·95	75·30
Schwefelsaures Kali .	0·09	0·15	0·27
Chlorkalium	—	—	0·02
Holzkohle	14·22	13·52	11·34
Wasser	0·95	1·11	0·65

Die Eigenschaften des Schießpulvers.

1. Die physikalischen Eigenschaften.*) Ein gutes Pulver muß gewisse physikalische Eigenschaften zeigen. Es soll eine vollkommen gleichmäßige Schieferfarbe haben. Eine ins bläulichschwarze oder dunkle spielende Farbe deutet auf zu viel Kohle oder zu große Feuchtigkeit. Aus Rothkohle dargestelltes Pulver ist bräunlichschwarz.

*) Farbe und Staubgehalt des Pulvers im „Archiv für die Officiere der königl. preußischen Artillerie- und Ingenieur-Corps", Band 25, S. 84; Band 34, S. 254; Band 45, S. 266; Dingler's „Polytechn. Journ", Band 39, S. 269; Specifisches Gewicht des Pulvers im „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 22, S. 159; Band 24, S. 221; Band 46, S. 98; Dingler's „Polytechn. Journ", Band 141, S. 279; Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers im „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 22, S. 160; Band 25, S. 84; Band 45, S. 266; Allgemeines in „Das Schießpulver und seine Mängel" von Kutzky und Grahl, Wien 1863; Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe" bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl, Band 4, S. 1182; R. v. Wagner's „Handbuch der chem. Technologie", 10. Aufl., S. 195; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer, Braunschweig 1874, S. 120.

Digitized by Google

Zerreibt man etwas Pulver, so darf man (auch mit bewaffnetem Auge) nicht die geringste Verschiedenheit der Farbe wahrnehmen. Eine dabei hervortretende ungleiche Färbung würde auf ungleiche Mischung hinweisen.

Einzelne schimmernde Punkte oder weißliche Flecken, die im Pulver bemerkbar sind, zeigen an, daß durch Feuchtwerden und darauf folgendes Trocknen Salpeter aus dem Pulver ausgewittert ist.

Die Körner müssen nahezu die gleiche Größe haben. Zur Prüfung auf die Körnergröße siebt man in den preußischen Pulverfabriken je 2·5 Kg. Pulver im Sortirapparate durch. Nach 120 Stößen dürfen beim Geschützpulver 200 Gramm als zu grob auf dem Geschützpulversiebe zurückbleiben und 266 Gramm als zu fein durch das Gewehrpulversieb fallen; beim Gewehrpulver dürfen 133 Gramm als zu grob auf dem Gewehrpulversiebe zurückbleiben.

Die Körner müssen hinreichende Kornfestigkeit haben, so daß sie sich mit den Fingern in der flachen Hand nicht leicht zerreiben lassen; beim Zerdrücken müssen sie knirschen und einen unfühlbaren Staub geben; lassen sich beim Zerdrücken scharfe Theile durch das Gefühl unterscheiden, so deutet dies auf nicht hinlänglich fein gepulverten Schwefel.

Das Pulver darf nicht abfärben, wenn man es über den Handrücken oder über Papier rollen läßt, sonst enthält es Mehlpulver oder zu viel Feuchtigkeit.

Ein kleines Häufchen Pulver auf weißem Papier entzündet, muß schnell verbrennen, ohne einen Rückstand zu hinterlassen und ohne das Papier zu entzünden. Schwarze Flecken deuten auf zu viel oder schlecht gemengte Kohle; gelbe nach dem Abbrennen des Pulvers sich zeigende Streifen

Digitized by Google

deuten auf zu viel oder schlecht gemengten Schwefel. Feuchtes oder schlechtes Pulver brennt bei diesem Versuche Löcher in das Papier.

In neuester Zeit ist eine ähnliche, aber noch weit schärfere Probe*) zur Beurtheilung der Güte des Schießpulvers angegeben worden. Mit Jodstärke gefärbtes Papier wird leicht angefeuchtet und mit den Rändern auf eine Glasplatte von denselben Dimensionen geleimt. Die zu untersuchenden Pulversorten müssen gleiche Zusammensetzung und ihre Körner die gleiche Dicke haben, kurz, sie dürfen sich nur durch die Art der Pulverisirung unterscheiden.

Auf das auf der Glasplatte befestigte und getrocknete Papier streut man $^1/_2$ Gramm Pulver in Form eines Kreises, und zwar so, daß es eine gleichmäßige Schicht mit neben einander, nicht über einander gelagerten Körnern bildet.

Man entzündet nun das Pulver und untersucht alsdann die durch seine Verbrennung hinterlassene Spur. Diese Spur ändert sich mit der Beschaffenheit und dem Zustande des sie erzeugenden Pulvers und ist bei Pulver von gleicher Zerkleinerungsart immer von gleichem Aussehen. Mit großer Genauigkeit läßt sich so der mehr oder weniger vorgerückte Pulverisations- und Mengungs-Zustand der betreffenden Materialien erkennen.

Unmittelbar nach der Entzündung fällt der hinterlassene Abdruck nicht sehr in die Augen; er erlangt aber rasch ein um so deutlicheres Aussehen, je wirksamer das Pulver zerkleinert worden war. Schwarze Flecken werden sichtbar an den Stellen, wo das Pulver gelegen hatte.

*) Chabrier in „Comptes rendus“ 1874, Band 78, S. 1138; Dingler's „Polytechn. Journ.“ Band 214, S. 249.

Digitized by Google

Dieselben gleichen ziemlich denjenigen, welche man erhält, wenn man Pulverkörner auf Papier zerdrückt.

Diese Flecken sind um so gedrängter, zahlreicher und dünner, je besser die Pulverisirung und je inniger die Mengung war. War die Pulverisirung unvollkommen, so kommen die Flecken spärlicher vor, sie liegen weiter auseinander und sind rußartig. Dieses Weiterauseinanderliegen der Flecken erklärt sich einfach dadurch, daß bei schlechter Pulverisirung und Mischung im ersten Moment der Entzündung unvollkommen verbrannte Theilchen zerstreut und umhergeschleudert werden.

Mitten auf dem bläulichen Jodstärkepapier ist nach dem Abbrennen des Pulvers ein großer weißer Fleck gebildet. Je besser das Pulver zerrieben wurde, desto größer ist die Ausdehnung und desto glanzloser die Farbe des Fleckes. Bei weniger vollständiger Zerpulverung verschwimmen die Ränder der weißen Aureole in röthliche Nüancen.

Außerdem sind auf diesem durch das Abbrennen gewonnenen »pyrographischen Bilde« unvollkommener Pulvergattungen weiße Tüpfelchen zu sehen, die sich außerhalb des zusammenhängenden weißen Grundes verbreiten. Diese Tüpfelchen bestehen aus gebildeter Potasche. Sie werden, indem sie rasch Feuchtigkeit aufnehmen, größer und sind desto zahlreicher, je weniger vollständig die Bestandtheile des Pulvers zerkleinert wurden. Bei hinreichender Zerkleinerung des Pulvers fehlen sie beinahe ganz.

Die Dichtigkeit des Pulvers. Man unterscheidet das kubische Gewicht (gravimetrische oder Maßdichtigkeit) des Pulvers von seinem specifischen Gewicht. Letzteres kann zweierlei sein: 1) das relative specifische Gewicht (»Korndichtigkeit«) oder 2. das absolute specifische Gewicht (»Massendichtigkeit«).

Digitized by Google

a) Das kubische Gewicht (gravimetrische oder Maßdichtigkeit). Dasselbe ist das Gewicht gleicher Raumtheile Pulver einschließlich der in seinen Poren und Zwischenräumen befindlichen Luft. Man erhält dasselbe, wenn man ein kupfernes, 1 Kubikfuß oder 1 Liter enthaltendes Gefäß (Gravimeter) voll Pulver schüttet, und zwar in so dichter Lage, wie die Pulverkörner etwa im Feuergewehr sich befinden, mit einem Holze das überschüssige Pulver abstreicht und sodann wägt.

In Preußen bestand bis in die neueste Zeit (wir wissen nicht, ob auch jetzt noch) das Gravimeter aus einem Hohlgefäß von 1 Kubikfuß Inhalt. Das kubische Gewicht schwankt in diesem Falle zwischen 29·5 und 30·5 Kilogr., ist also etwas geringer als dasjenige des Wassers, welches 33 Kilogr. beträgt. In Preußen wurde laut Verfügung vom 14. März 1858 das mittlere kubische Gewicht auf 28·25 mit einer Toleranz von 0·625 Kilogr. darüber oder darunter festgestellt.

In Frankreich und Belgien hat das Gravimeter den Rauminhalt eines Liters. Für Geschützpulver beträgt das kubische Gewicht in diesem Falle 0·831, für Gewehrpulver 0·793—0·813, das heißt, 1 Kubikcentimeter Pulver wiegt 0·831 Gramm u. s. w., ein Liter 831 Gramm u. s. w.

Absolut genau kann man das kubische Gewicht nicht bestimmen. Denn es ist klar, daß die Zwischenräume zwischen den einzelnen Pulverkörnern verschieden groß sein werden, wenn die Körner eckig oder aber rund, kleiner oder größer sind, oder wenn ihre Oberfläche mehr oder weniger glatt ist.

b) Das relative specifische Gewicht des Pulvers (Korndichtigkeit). Man versteht darunter das Gewicht der einzelnen Pulverkörner einschließlich der in den Hohlräumen des Kornes enthaltenen Luft (mit Ausschluß

Digitized by Google

aber der in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Körnern befindlichen Luft).

Das relative specifische Gewicht ist um so größer, je stärker der Druck bei der Kuchenbildung und je weniger Wasser beim Umwandeln des Satzes in Kuchen vorhanden war. Die verdampfende, geringere Menge Wasser beim Trocknen macht dann die Pulverkörner weniger porös.

Es ist sehr schwierig, das relative specifische Gewicht des Pulvers*) hinreichend genau zu bestimmen und zwar aus dem Grunde, weil es keine Flüssigkeit giebt, in welcher sich das Pulver wägen läßt, ohne daß dieselbe zugleich von den Körnern aufgesogen wird.

Ein ungefähres Verfahren**) besteht darin, daß man eine gewogene Menge Pulver (z. B. 10 Gramm) zu in einem graduirten Glascylinder befindlichen absoluten Alkohol von 0·794 bis 0·798 specifischen Gewicht schüttet und aus der Menge des verdrängten Alkohols die Korndichtigkeit berechnet. Es ist jedoch unbedingt nöthig, daß möglichst rasch (sofort nach dem Einschütten des Pulvers) abgelesen werde.

Die Berechnung ist sehr einfach. Hat man z. B. 10 Gramm Pulver für den Versuch verwendet und stieg nach dem Einschütten desselben der Alkohol in der Röhre um 6·2 Kubikcentimeter, so ist das relative specifische Gewicht:

$$x = \frac{10}{6{\cdot}2} = 1{\cdot}61.$$

*) Eine treffliche Zusammenstellung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des relativen specifischen Gewichtes des Pulvers findet sich in: „Das Schießpulver ꝛc." von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer, Braunschweig 1874, S. 122—139.

**) Verfahren von Heeren in Dingler's „Polytechnischem Journal", Band 141, S. 279.

Digitized by Google

Man kann auch das relative specifische Gewicht dadurch ermitteln, daß man ein kleines, mit einem eingeschliffenen Glasstöpsel dicht verschließbares Glasgefäß mit Alkohol von bekanntem specifischen Gewicht völlig anfüllt und den Glasstöpsel einsetzt. Das verschlossene Gläschen wird mit Seidenpapier völlig abgetrocknet und gewogen. Hierauf gießt man den Alkohol aus dem Gefäß, trocknet letzteres vollkommen und wägt in ihm eine gewisse Menge Pulver ab. Hierauf füllt man, während das Pulver im Gefäße bleibt, letzteres wieder mit Alkohol, setzt den Stöpsel auf, trocknet das Gefäß äußerlich vollkommen ab und wägt wieder. Aus diesen verschiedenen Wägungen läßt sich das relative specifische Gewicht des Pulvers durch folgende einfache Berechnung ableiten. Man kennt das Gewicht des Gläschens mit Alkohol gefüllt (dasselbe hat man ein- für allemal bei einer gewissen Temperatur bestimmt). Ferner weiß man das Gewicht des Pulvers, sowie das Gewicht des mit Pulver und Alkohol gefüllten Gläschens.

Es habe gewogen:

Gläschen mit Alkohol (von 0·8 spec. Gewicht) 80 Gramm,
Gläschen mit Alkohol und 5·3 Gramm Pulver 82·3 »

Folglich wiegt in letzterem Falle 82·3—5·3 = 77 Gramm das Gläschen sammt Alkohol. Es wurden daher 80—77 = 3 Gramm Alkohol von 0·8 specifischen Gewicht verdrängt durch 5·3 Gramm Pulver, letztere nehmen also genau denselben Raum ein wie 3 Gramm Alkohol von 0·8 specifischem Gewicht.

Hieraus ergiebt sich das relative specifische Gewicht des Pulvers zu:

$$\frac{5{\cdot}3}{3} \cdot 0{\cdot}8 = 1{\cdot}41.$$

Digitized by Google

c) Das absolute specifische Gewicht des Pulvers (Massendichtigkeit). Darunter versteht man die Dichtigkeit der Masse der Pulverkörner ohne eingeschlossene Luft. Die Massendichtigkeit des Pulvers ist immer annähernd = 2·0 anzunehmen, da jeder der Bestandtheile des Pulvers nahezu diese Dichtigkeit besitzt.

Das absolute specifische Gewicht ermittelt man in gleicher Weise, wie soeben für das relative Gewicht angegeben wurde. Nur muß man in diesem Falle erst alle mit Luft erfüllten Poren der Pulverkörner mit Alkohol erfüllen lassen und die Luft unter einer Luftpumpe ausgepumpt haben, ehe man zur Wägung schreitet.

Das zu untersuchende Pulver wird in einer kurzen, weiten Glasröhre oder in einem kleinen Porzellantiegel längere Zeit in einem Sandbade auf 50—62 Grad C. erwärmt, darauf in einer mit warmem Sande gefüllten Schale einige Zeit unter die Luftpumpe gebracht, sodann sofort gewogen und in das oben genannte Gläschen geschüttet (dessen Gewicht, wenn es mit Alkohol bei einer bestimmten Temperatur gefüllt ist, man ein- für allemal festgesetzt hat).

Alsdann füllt man das Gläschen zur Hälfte mit Alkohol und bringt es unter den Recipienten einer Luftpumpe. Beim Auspumpen entweichen die Luftblasen aus den Poren der Pulverkörner, zugleich aber geräth auch der Alkohol in's Sieden, dessen Dampfblasen jedoch leicht von den Luftblasen sich unterscheiden lassen. Man pumpt so lange aus, als noch Luftblasen entweichen.

Hierauf läßt man das Gläschen noch ruhig eine Stunde unter dem Recipienten stehen, damit der Alkohol überall in die Poren der Pulverkörner eindringen kann. Nach Ablauf dieser Zeit füllt man das Gläschen bis zum Rande mit Alkohol an und stellt es eine Stunde lang in

Digitized by Google

ein Gefäß mit Wasser, welches dieselbe Temperatur hat, bei welcher das mit absolutem Alkohol gefüllte Gefäß gewogen wurde (gewöhnlich 21·25 Grad C.). Nunmehr nimmt man das Gläschen heraus, trocknet es äußerlich ab und wägt.

Alsdann wird der Alkohol aus dem Glase gegossen, das Pulver auf Löschpapier geschüttet und nach oberflächlichem Abtrocknen in ein Cylinderglas gebracht, dessen oberer Rand abgeschliffen und mit einer Platte bedeckt ist. Zwischen der Platte und dem Rande des Glases klemmt man einen in den Cylinder hängenden Löschpapierstreifen an, bringt dann das innen noch vollständig mit Alkohol gesättigte Pulver hinein und schüttelt einigemal den Cylinder, damit die Pulverkörner wiederholt mit dem Papier in Berührung kommen und den äußerlich anhaftenden Alkohol verlieren. Das so abgetrocknete Schießpulver wird wieder gewogen.

Hierbei erhält man:

a) das Gewicht des Glases mit Alkohol;
b) » » » trockenen Pulvers;
c) » » » mit Alkohol getränkten Pulvers;
d) » » » Glases mit Alkohol und getränktem Pulver.

Hieraus ergiebt sich das specifische Gewicht des Pulvers = x im Verhältniß zum Alkohol nach der Formel:

$$x = \frac{b}{a + c - d}.$$

Das specifische Gewicht des Pulvers im Verhältniß zum Wasser durch die Formel:

$$x' = \frac{b \cdot e}{a + c - d},$$

wobei e das specifische Gewicht des Alkohols bedeutet.

Pulversorten von nahezu gleichen kubischen Gewichten können ein abweichendes specifisches Gewicht haben, wie folgende Tabelle lehrt:

Digitized by Google

	preuß. Kubikfuß *) in Pfd.	spec. Gewicht
Geschützpulver von Neiße	60	1·77
» » Berlin	60	1·63
» » Bern (Nr. 6) . . .	$59^3/_8$	1·67
» » Rußland (ord.) . .	$60^5/_{16}$	1·56
Gewehrpulver von Berlin	60	1·63
» » Bern (Nr. 4) . . .	$60^5/_8$	1·67
» » Hounslow	59	1·72
Pirschpulver von Le Bouchet	$59^1/_4$	1·87
Sehr grobkörniges niederl. Pulver (ord.)	$60^3/_{16}$	1·87
» » österr. » . .	$64^3/_8$	1·72

Umgekehrt kann auch ein und dasselbe specifische Gewicht des Pulvers einem sehr verschiedenen kubischen Gewichte zu Grunde liegen. Zum Beweise dafür sei nachfolgende Tabelle angeführt:

	Benennung der Pulversorte	kubisches Gewicht Kilogr.	Gramm	spec. Gewicht
Geschützpulver	von Neiße (ord. Pulver) . .	30	—	1·77
	» Berlin (neue Fabrikation)	30	—	1·63
	» Neiße » »	30	—	1·67
	» Rußland (ord. Pulver) .	30	156·2	1·56
	» Dänemark (rundes) . .	31	468·75	1·72
Gewehrpulver	» Berlin (neue Fabrikation)	30	—	1·63
	» Bern (Nr. 4) . . .	30	328·125	1·67
	» München (eckiges) . .	31	—	1·82
	» Hounslow	29	500	1·72
Pirschpulver	» Le Bouchet	29	625	1·87
	» Berlin (alte Fabrikation)	31	—	1·77

Weil also bei gleichem kubischen Gewicht zweier Pulversorten durchaus nicht ihre specifischen Gewichte dieselben

*) 1 preuß. Kubikfuß = 0·0309 Kubikmeter.

Digitized by Google

sind, und umgekehrt, ist es nothwendig, beide Gewichte zu bestimmen, falls man über die Beschaffenheit des vorliegenden Pulvers ein sicheres Urtheil gewinnen will.

Das specifische Gewicht giebt über die Beschaffenheit der Satzmaterialien, über das Verhältniß, in welchem diese zusammengesetzt wurden, und über die angewandte Kraft zu ihrer Verdichtung zu Pulverkuchen summarischen Aufschluß. Das kubische Gewicht hängt aber außerdem noch von der Größe und Gestalt der Körner, der Politur und dem Staubgehalte des Pulvers ab; den gewünschten Aufschluß über die Wirkung des Pulvers giebt nur das kubische Gewicht als Endresultat aller und namentlich auch der letzten Fabrikations-Operationen.

Aus dem specifischen Gewichte des Pulvers, als dem Maßstabe für die Dichtigkeit der Körner, läßt sich auch auf den Grad seiner geschützzerstörenden Eigenschaft schließen. Denn von der geringeren oder größeren Dichtigkeit der Körner hängt ab die schnellere oder langsamere Zersetzung des Pulvers, von letzterer endlich aber ist abhängig die größere oder geringere geschützzerstörende Eigenschaft des Pulvers.

Je größer das specifische Gewicht des Pulvers ist, desto größer ist im Allgemeinen auch seine Haltbarkeit beim Transport und bei ungünstiger Witterung.

Die Verbrennungs-Geschwindigkeit des Pulvers steht genau im umgekehrten Verhältnisse zu dem specifischen Gewichte.

Der Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers. Sehr gutes, anscheinend ganz trockenes Pulver enthält mindestens 0·5 Percent Feuchtigkeit. Mehr als 1·5—2 Percent Feuchtigkeit soll gutes Pulver aus der Luft nicht anziehen.

Das Pulver kann über 14 Percent Wasser aus feuchte

Digitized by Google

Luft absorbiren. Hat es nicht mehr als 5 Percent absorbirt, so erhält es durch das Trocknen seine frühere Wirksamkeit wieder. Pulversatz zieht mehr Feuchtigkeit an als gekörntes Pulver und feinkörniges mehr als grobkörniges. Dagegen läßt sich letzteres, einmal feucht geworden, schwerer trocknen als feinkörniges Pulver. Je mehr Kohle im Pulver, desto mehr Feuchtigkeit zieht es an.

Den Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers ermittelt man in preußischen Pulverfabriken dadurch, daß man 41·5 Gramm Pulver in einem Wasserbade eine halbe Stunde lang trocknet. Aus dem Gewichtsunterschied vor und nach dem Trocknen erhält man den Gehalt an Feuchtigkeit.

2. Die chemischen Eigenschaften des Pulvers.*) Dieselben hängen hauptsächlich ab von der chemischen Zusammensetzung des Pulvers, welche durch die chemische

*) Analyse desselben: „Annalen der Chemie und Pharm." Band 109, S. 53; Werther im „Archiv für die Officiere des königl. preuß. Artillerie und Ingenieur-Corps", Band 20, S. 100; Marchand in „Journal für praktische Chemie", Band 13, S. 505; Band 32, S. 53; Band 38, S. 206; Becker in „Journal für praktische Chemie", Band 32, S. 53; „Jahrbuch des k. k. polytechnischen Institut zu Wien", Band 17; Uchatius im „Berichte der Wiener Akademie der Wissenschaften", Band 10, S. 748; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 132, S. 371; Gay-Lussac in „Annales de Chemie et de Physik". Band 16, S. 434; „Journal für praktische Chemie", Band 32, S. 48; Millon im „Archiv für die Officiere ꝛc.", Band 20, S. 109; Ure in „Journal für technische und ökonomische Chemie" von Erdmann, Band 9, S. 256; Botté und Riffault in „Traité de l'art de fabriquer la poudre à canon", S. 450, sowie in „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 20, S. 94; Cloëz und Guignet in „Compt. rend.", Band 46, S. 1110; „Journal für praktische Chemie", Band 75, S. 175; Entzündlichkeit des Pulvers in Dingler's „Polytechnischem Journal", Band 21, S. 364; Band 76, S. 467; Band 80, S. 78; Band 190, S. 250; Band 203, S. 303; „Compt

Digitized by Google

Analyse ermittelt wird. Es kann nicht der Zweck dieses Buches sein, die Anleitung zu einer vollständigen chemischen

---

rend.", Band 36, S. 852; „Journal für praktische Chemie", Band 59 S. 335; durch Elektricität: Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 50, S. 16; Band 51, S. 431; Band 73, S. 117; Band 85, S. 275; Band 87, S. 78, 462; Band 88, S. 213; Band 93, S. 316; Band 101, S. 103; Band 103, S. 263; Band 173, S. 125; Band 176, S. 201; „Archiv für die Officiere ꝛc.", Band 9, S. 259; „Journal für praktische Chemie", Band 14, S. 381; Verbrennung im luftleeren Raume in „Compt. rend.", Band 55, S. 97; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 169, S. 235; Band 180, S. 286; „Chem. News Vol. 9", S. 206, 218; Verbrennungs-Geschwindigkeit im „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 22, S. 160; Band 53, S. 54; Verbrennungs-Producte. Bunsen und Schischkoff in „Poggend. Annalen", Band 102, S. 321; Linck in „Annalen der Chemie und Pharm.", Band 109, S. 59, und Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 152, S. 72; Károlyi in „Poggend. Annalen" Band 118, S. 552; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 168, S. 158; Band 169, S. 432; Fedorow in „Zeitschrift für Chemie", Band 12, S. 12 und Wagner's Jahresbericht, Band 15, S. 248; die chemische Zusammensetzung der Minengase im „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 59, S. 172; Verbrennungswärme des Pulvers in „Comptes rendus", Band 77, S. 138 und 478 und Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 209, S. 303 und Band 210, S. 21; Gasspannung des Pulvers in Dingler's „Polytechnischem Journal", Band 107, S. 21; Band 202, S. 344; Band 204, S. 199 und „Archiv für die Officiere u. s. w.", Band 71, S. 10; Triebkraft des Pulvers in Dingler's „Polytechnischem Journal", Band 87, S. 474; Band 104, S. 465; Band 111, S. 429; Band 168, S. 158; Band 169, S. 426; Allgemeines über die Eigenschaften in Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 1187—1200; R. von Wagner's „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 196; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer, Braunschweig 1874, S. 142—178.

Digitized by Google

Analyse des Schießpulvers zu geben. Für Denjenigen, der sich als Fachmann speciell dafür interessirt, haben wir die bezügliche Literatur, soweit sie von Wichtigkeit ist, mitgetheilt (siehe »Analyse des Schießpulvers« in der obigen Anmerkung). Eine Uebersicht über die Analyse des Schießpulvers findet sich auch in dem schon oft citirten Werke von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer: »Das Schießpulver ꝛc.«, Braunschweig 1874.

Um jedoch auch Demjenigen, der mit chemischen Analysen nicht vertraut ist, das Princip zu veranschaulichen, nach welchem die chemische Untersuchung des Schießpulvers vorgenommen wird, sei hier eine der einfacheren Methoden willkürlich herausgegriffen und kurz erläutert.

Man bringt eine abgewogene Menge des Pulvers, gewöhnlich 5 Gramm, auf ein mit Wasser angefeuchtetes Filter und laugt den Salpeter (als den einzigen in Wasser löslichen der drei Pulverbestandtheile) durch wiederholtes Aufgießen kleiner Mengen heißen Wassers aus. Die abfließende Salpeterlauge sammt Waschwasser fängt man in einer großen Platinschale auf und verdampft die Flüssigkeit auf dem Wasserbade. Schließlich bringt man den Rückstand mittelst eines Platinspatels vorsichtig ohne Verlust in eine kleinere Platinschale und erhitzt letztere so lange auf 280 Grad, bis das Gewicht sich nicht mehr ändert. Da man das Gewicht der Platinschale für sich allein vorher bestimmt hat, so ergiebt die Gewichtszunahme das Gewicht des im Pulver vorhandenen Salpeters. Hat man 5 Gramm Pulver angewendet, so erhält man durch Multiplication der gefundenen Zahl mit 20 die Percente Salpeter im untersuchten Schießpulver.

Das auf dem Filter zurückbleibende Gemenge von Schwefel und Kohle wird getrocknet, gewogen und sodann

Digitized by Google

in eine Kugel einer doppelten Kugelröhre gebracht. Man leitet nun trockenes Wasserstoffgas über das Gemenge und erhitzt letzteres in der Kugelröhre so lange, bis aller Schwefel in die zweite Kugel überdestillirt ist. Alsdann nimmt man die Gasflamme weg und läßt im Wasserstoffstrome erkalten (im Wasserstoffstrome wird die ganze Operation vorgenommen, weil unter gewöhnlichen Umständen, das heißt im luft-erfüllten Raume, der Schwefel verbrennen würde). Alsdann schneidet man mit einer Feile die beiden Kugeln von einander ab, wägt eine jede Kugel sammt Inhalt für sich, entfernt den Inhalt aus jeder Kugel, wägt wieder und erfährt so die in der angewandten Menge Schießpulver vorhanden gewesene Menge Schwefel und Kohle. Diese Zahlen mit 20 multiplicirt (falls man, wie angenommen, 5 Gramm Pulver der Analyse unterworfen hatte), ergeben die Percente Schwefel und Kohle.

Nach dieser kurzen Besprechung der chemischen Analyse des Schießpulvers haben wir die chemischen Eigenschaften desselben näher in's Auge zu fassen.

a) Die Entzündlichkeit des Schießpulvers. Wie schon an anderer Stelle erwähnt wurde, läßt sich das Schießpulver durch brennende und glühende Körper, durch Temperatur-Erhöhung, sowie durch Schlag und Stoß entzünden. In beiden letzteren Fällen ist es auch nichts anderes als die in Wärme umgesetzte gehemmte Bewegung, welche die Entzündung des Pulvers herbeiführt.

Bereits in der Einleitung, wo wir das Wesen der explosiven Stoffe kennen lernten, wurde betont, daß bei dem Schießpulver Entzündungs-Temperatur mit Explosions-Temperatur zusammenfällt. Gerade so wie Schießpulver, verhalten sich in dieser Hinsicht, wie wir weiter sahen, die schießpulverähnlichen explosiven Mischungen, sowie lose Schieß-

Digitized by Google

baumwolle, dagegen liegt die Explosions-Temperatur höher als die Entzündungs-Temperatur bei comprimirter Schießbaumwolle, bei Nitroglycerin und den aus ihm dargestellten explosiven Präparaten.

Das Schießpulver gehört also, weil bei ihm Entzündungs- und Explosions-Temperatur zusammenfallen, zu den direct explodirbaren Körpern. Man hat gefunden, daß das Schießpulver am leichtesten durch den Schlag von Eisen auf Eisen, von Eisen auf Messing, von Messing auf Messing sich entzündet. Weniger leicht entzündet es sich durch den Schlag von Eisen auf Kupfer und von Kupfer auf Kupfer. Nach in England angestellten Versuchen entzündet sich das Pulver auch noch durch Schlag von Bronze auf Kupfer, von Eisen auf Marmor, von Quarz auf Quarz, von Blei auf Blei und von Blei auf Holz (wenn nämlich eine Bleikugel gegen ein mit Pulver überzogenes hölzernes Pendel geschossen wird).

Glühende und glimmende Körper und Funken entzünden das Pulver leichter als eine Flamme, weil erstere eine stärkere Temperatur-Erhöhung an einer Stelle hervorbringen als letztere. Hält man eine Leuchtgasflamme dicht über eine kleine Probe Schießpulver, so vergehen erst einige Secunden, bis das Pulver sich entzündet, weil nämlich letzteres erst auf die Entzündungs-Temperatur sich erwärmen muß.

Schwamm entzündet das Pulver erst nach dem Verglimmen zu Kohle. Man kann Schießbaumwolle ruhig über Schießpulver abbrennen, ohne daß letzteres sich entzündet. Denn die Verbrennung der Schießwolle erfolgt zu plötzlich und ist zu rasch vorüber, als daß das darunter liegende Schießpulver Zeit hätte, sich bis zu seiner Entzündungs-Temperatur zu erwärmen.

Digitized by Google

In Wasserstoffgas erhitzt, entzündet sich das Pulver gar nicht, schwierig in Stickstoff, ziemlich leicht in Kohlensäure.

Bringt man Pulver unter den Recipienten einer Luftpumpe und setzt man, nachdem die Luft ausgepumpt ist, durch einen mittelst der galvanischen Batterie glühend gemachten Platindraht das Pulver einer höheren Temperatur aus, so explodirt das Pulver nicht, sondern verbrennt ohne Verpuffung. Man kann sich diese merkwürdige Erscheinung dadurch erklären, daß die aus dem Pulver durch Erhitzen im Vacuum entweichenden Gase sich wegen Fehlens des Luftwiderstandes so rasch im luftleeren Raum vertheilen, daß durch diese plötzliche Ausdehnung eine Temperatur-Erniedrigung eintritt, welche das Pulver bis unter seine Entzündungs-Temperatur abkühlt.

Wird gekörntes Schießpulver ziemlich rasch erhitzt, so entzündet es sich zwischen 270 Grad und 320 Grad C., Mehlpulver bereits zwischen 265 Grad und 270 Grad C. Nach neuerdings angestellten Versuchen entzündet sich Pulver bei $315^5/_9$ Grad C. Man ermittelt die Entzündungs-Temperatur des Pulvers, indem man es in einer kleinen Schale auf ein Oelbad bringt, dessen Temperatur man durch ein eingesetztes Thermometer erfährt. Man erhitzt alsdann das Oelbad stetig und sieht zu, wie viele Grad das Thermometer im Augenblicke der Entzündung des Pulvers zeigt.

Wird die Temperatur des Schießpulvers nur allmälich über den Siedepunkt des Wassers erhöht, so fängt der Schwefel an zu schmelzen und die Pulverkörner backen zusammen. Alsdann beginnt die Verflüchtigung des Schwefels, und gebraucht man die Vorsicht, die Temperatur nicht bis zum Siedepunkte des Schwefels zu steigern, so kann aller Schwefel aus dem Pulver verjagt werden, ohne daß eine Verpuffung eintritt.

Digitized by Google

Der Funken der Elektrisirmaschine ist für sich nur dann im Stande, das Pulver zu entzünden, wenn die Entladung durch Einschaltung eines schlechten Leiters verzögert wird, welches man bei Versuchen im Kleinen durch Einschaltung eines nassen Bindfadens in die Leitung erreicht.

Im Jahre 1838 wurde zum ersten Male (in Amerika) die galvanische Elektricität zum Entzünden des Pulvers angewendet.

Mit Vortheil verwendet man den Rhumkorff'schen Inductions-Apparat dann, wenn es sich um eine gleichzeitige Explosion verschiedener Minen von vielen Punkten aus handelt.

b) Die Verbrennungs-Producte des Schießpulvers. Bei der Verbrennung des Schießpulvers bilden sich aus den drei Bestandtheilen desselben gasförmige und feste Verbrennungs-Producte. Erstere bilden die Pulvergase, letztere den Pulverrauch und den Pulverrückstand.

Vor Entdeckung des Sauerstoffes (1774) und vor Erkenntniß des Wesens der Verbrennung, als eines Vorganges chemischer Vereinigung des Sauerstoffes mit dem brennenden Körper (das heißt vor dem Jahre 1789), konnte natürlich keine Rede davon sein, daß man über den bei der Verbrennung des Pulvers vor sich gehenden chemischen Proceß irgendwie richtige Vorstellungen hatte.

Zu Ende des vorigen Jahrhunderts erst wurde man sich darüber klar, daß die Wirkung des Schießpulvers aus der Verbindung der Kohle mit Sauerstoff hervorgehe. Aber erst der französische Chemiker Gay-Lussac untersuchte das Pulver chemisch nach seiner Entzündung. Derselbe ließ Pulver Korn für Korn in eine bis zur Rothgluth erhitzte Glasröhre fallen, an welcher eine Vorrichtung, um die Gase

Digitized by Google

aufzufangen, angebracht war. Auf diese Weise erhielt er von einem Liter Jagdpulver, welches 900 Gramm wog, 238 Liter Kohlensäure, 22·50 Liter Kohlenoxyd und 189 Liter Stickstoff, zusammen 449·50 Liter.

Auch den festen Pulverrückstand untersuchte Gay-Lussac und fand in ihm schwefelsaures und kohlensaures Kali neben Schwefelkalium.

Späterhin war lange Zeit die Ansicht geltend, daß bei der Verbrennung des Schießpulvers die Hauptzersetzungs-Producte die Gase, Kohlensäure und Stickstoff, sowie der feste Bestandtheil Schwefelkalium seien. Heutzutage wissen wir, daß sich eine derartige allgemein geltende und einfache Zersetzungsgleichung für die bei der Verbrennung des Pulvers stattfindenden Vorgänge überhaupt gar nicht aufstellen läßt. Wir wissen gegenwärtig, daß die bei der Verbrennung des Pulvers gebildeten Verbrennungs-Producte höchst wahrscheinlich nicht direct aus der festen Pulvermasse entstanden sind, sondern aus einer Reihe mit blitzartiger Schnelligkeit hinter einander verlaufender chemischer Umsetzungen als letzte Endproducte hervorgingen. Ferner wissen wir jetzt, daß die chemische Zusammensetzung der Verbrennungsproducte eines und desselben Pulvers total verschieden ist, wenn die Explosion bei niederem oder hohem Druck vor sich ging. Es finden sich wohl in beiden Fällen dieselben Gase und festen Verbrennungs-Producte vor, aber die percentische Menge dieser einzelnen Bestandtheile ist es, welche mit verändertem Drucke beständig sich verändert. Wir werden weiter unten noch hinreichende Belege für das hier Ausgesprochene finden.

Im Jahre 1857 unterzogen Bunsen und Schischkoff zum ersten Male die Verbrennungs-Producte des

Digitized by Google

Schießpulvers einer genauen und vollständigen chemischen Analyse.

Sie benützten zu ihren Versuchen ein Jagdpulver, welches folgende Zusammensetzung hatte:

Salpeter		78·99
Schwefel		9·84
Kohle	Kohlenstoff	7·69
	Wasserstoff	0·41
	Sauerstoff	3·07
	Asche	Spuren
		100·00

Den Pulverrückstand fanden sie zusammengesetzt aus:

Schwefelsaurem Kali	56·62
Kohlensaurem Kali	27·02
Unterschwefligsaurem Kali	7·57
Schwefelkalium	1·06
Kalihydrat	1·26
Schwefelcyankalium	0·86
Salpeter	5·19
Kohle	0·97
	100·55

Mit dieser Untersuchung wurde der Irrthum berichtigt, daß im Pulverrückstand hauptsächlich Schwefelkalium enthalten sei. Denn Bunsen's Analyse bewies, daß die Hauptmenge des Pulverrückstandes aus schwefelsaurem und kohlensaurem Kali bestehe.

Für den Pulverdampf fanden sie folgende Zusammensetzung:

Digitized by Google

Schwefelsaures Kali . . .	65·29
Kohlensaures Kali	23·48
Unterschwefligsaures Kali .	4·90
Schwefelkalium	—
Kalihydrat	1·33
Schwefelcyankalium . . .	0·55
Salpeter	3·48
Kohle	1·86
Kohlensaures Ammoniak . .	0·11
	100·00

Der Pulverrauch besitzt also im wesentlichen dieselbe chemische Zusammensetzung wie der Pulverrückstand. Statt des fehlenden Schwefelkaliums enthält er kohlensaures Ammoniak.

Die Pulvergase bestanden aus:

Kohlensäure	52·67
Stickstoff	41·12
Kohlenoxyd	3·88
Wasserstoff	1·21
Schwefelwasserstoff . . .	0·60
Sauerstoff	0·52
	100·00

Demgemäß läßt sich (nach Bunsen und Schischkoff) die Umsetzung, welche das Schießpulver beim Abbrennen erleidet, durch folgendes Schema ausdrücken:

Digitized by Google

1 Gramm Pulver

			Gramm
giebt verbrannt	Salpeter		0·789
	Schwefel		0·098
	Kohle	Kohlenstoff	0·076
		Wasserstoff	0·004
		Sauerstoff	0·030

		Gramm
Rückstand	Schwefelsaures Kali	0·422
	Kohlensaures Kali	0·126
	Unterschwefligsaures Kali	0·032
	Schwefelkalium	0·021
	Schwefelcyankalium	0·003
0·680	Salpeter	0·037
	Kohle	0·007
	Schwefel	0·001
	Kohlensaures Ammoniak	0·028

		Gramm	Kubikcentimeter*
Gase	Stickstoff	0·0990 =	79·40
0·314	Kohlensäure	0·2010 =	101·71
	Kohlenoxyd	0·0090 =	7·49
	Wasserstoff	0·0002 =	2·34
	Schwefelwasserstoff	0·0018 =	1·16
0·944	Sauerstoff	0·0014 =	1·00
			193·10

*) Die Gase sind kalt gemessen.

Digitized by Google

Die Verbrennungsproducte des Pulvers sind, wie gesagt, ganz verschieden bei verschiedenem Druck. Durch die genauere Untersuchung von Pulverrückständen fand man, daß, wenn das Pulver unter schwachem Drucke verbrennt, schwefelsaures Kali zurückbleibt, während bei höherem Drucke durch die Reduction des schwefelsauren Kali zu Schwefelkalium hauptsächlich letzteres gebildet wird. Man fand weiter, daß mit Vergrößerung der Ladung und Erhöhung des Druckes bei der Verbrennung auch eine größere Zersetzung des Pulvers erfolgt und daß der Rückstand bei höherem Druck zunimmt hinsichtlich seines Gehaltes an Schwefelkalium und kohlensaurem Kali, und in gleicher Weise abnimmt an schwefelsaurem und unterschwefligsaurem Kali.

Folgende Tabelle giebt über diese Verhältnisse Aufschluß:

In 100 Theilen Pulverrückstand waren:

	Blind geladen mit				Kanonenschuß mit 3 Pfund Ladung	
	0·75 Gramm		1·5 Gramm			
Schwefelsaures Kali	48·25	47·61	40·83	43·28	15·00	15·15
Kohlensaures Kali	23·44	24·13	30·96	31·90	37·00	36·20
Unterschwefligs. Kali	16·53	17·03	19·32	17·74	8·28	7·44
Schwefelkalium	0·97	0·54	2·49	1·67	38·18	39·55
Salpeter	5·81	5·66	2·79	1·73	—	—
Schwefelcyankalium	0·54	0·54	0·56	0·56	0·33	0·33
Schwefel	0·38	4·49	3·05	0·22	0·09	0·09
Kohle	4·08			2·90	—	1·02
Sand	—	—	—	—	0·82	0·22

Diese für die Kenntniß der chemischen Zersetzung des Pulvers bei der Verbrennung höchst wichtigen Untersuchungen sind von Fedorow ausgeführt worden. Zu ganz denselben Resultaten gelangten neuerdings Noble

Digitized by Google

und Abel,*) welche Pulver unter verschiedenen Spannungsbedingungen abbrannten. Auch sie fanden, daß mit erhöhtem Druck der Pulverrückstand mehr kohlensaures Kali und Schwefelkalium enthält und weniger schwefelsaures und unterschwefligsaures Kali. Sie fanden ferner, daß die Menge des beim Verbrennen des Pulvers gebildeten Kohlenoxydgases viel beträchtlicher ist, als man bisher annahm. Nach ihnen ist es ferner wahrscheinlich, daß im Explosions-Moment bedeutende Mengen von Schwefelkalium gebildet werden, die aber durch den frei werdenden Sauerstoff zu unterschwefligsaurem und schwefelsaurem Kali oxydirt werden.

Wir theilen nunmehr ihre Analysen-Resultate mit:

Explosionsspannung in Tonnen pro Quadratzoll.	1·6	35·6
Gewicht der festen Producte % . . .	57·22	57·14
Gewicht der gasförmigen Producte . .	42·78	42·86

A. Feste Producte.

In Gewichtspercenten:

Kohlensaures Kali	52·56	65·71
Schwefelsaures Kali	20·47	8·52
Unterschwefligsaures Kali	20·37	8·59
Schwefelkalium	4.02	7·23
Schwefelcyankalium	Spur	0·36
Salpeter	0·56	0·19
Kalihydrat	—	—
Anderthalbfach kohlensaures Ammoniak .	0·06	0·18
Schwefel	1·25	9·22
Kohle	0·71	—
	100·00	100·00

*) „Comptes rendus" 1874, S. 204; Dingler's „Polytechn. Journ." Band 215, S. 123 und 341.

Digitized by Google

B. Gasförmige Producte.

In Volumpercenten.

Kohlensäure	48·99	41·79
Kohlenoxydgas	8·98	8·32
Stickstoff	35·60	34·64
Schwefelwasserstoff	4·06	2·61
Sumpfgas	0·29	0·41
Wasserstoff	2·07	2·04
Sauerstoff	—	0·18
	100·00	100·00

Wenn nun auch, wie dies wohl aus den angeführten Untersuchungen hervorgehen dürfte, die letzten Jahre sehr viel Licht in das bisherige Dunkel der chemischen Processe bei der Explosion des Pulvers gebracht haben, so sind wir im Augenblicke doch gerade erst da angelangt, wo die Hauptschwierigkeit beginnt. Die Wissenschaft ist sich nunmehr darüber klar, daß sie es hier mit einer ganzen Reihe nach einander verlaufender chemischer Einwirkungen der Pulverbestandtheile im Momente der Explosion zu thun hat. Wie diese Processe verlaufen, darüber können wir vorläufig nur Vermuthungen aufstellen. Wir kennen nur die schließlichen Endproducte der Pulververbrennung, und diese können wir in jedem einzelnen Falle allerdings genau durch die chemische Analyse ermitteln. Im voraus aber für alle möglichen Druck- und sonstigen Verhältnisse die resultirenden Endproducte des verbrennenden Pulvers anzugeben, dazu sind wir bis jetzt nicht im Stande, und deshalb müssen wir auch auf eine allgemeine Zersetzungsgleichung des Pulvers, wie solche früher angenommen wurde, verzichten.

c) Die Verbrennungs-Geschwindigkeit. Wir erwähnten bereits, daß dieselbe genau im umgekehrten

Digitized by Google

Verhältnisse zum specifischen Gewichte steht. Deshalb brennt abgerundetes Pulver, weil es dichter ist, langsamer ab als nicht abgerundetes. Feuchtes Pulver verbrennt langsamer als trockenes, gekörntes rascher als ungekörntes, rundes langsamer als eckiges.

Je größer die Pulverladung und der zu überwindende Widerstand, desto größer ist auch die Verbrennungs-Geschwindigkeit des Pulvers.

d) Die Verbrennungswärme und absolute Verbrennungs-Temperatur. Jede Verbrennung, also auch die des Pulvers, ist eine Vereinigung chemischer Elemente mit dem Sauerstoff der Luft.*) Diese chemische Vereinigung ist aber von Wärme-Entwickelung begleitet. Je rascher die Verbrennung, desto größer die Erwärmung. Deshalb haben wir es auch bei dem so rasch, fast momentan verbrennenden Schießpulver mit sehr beträchtlichen Temperaturen zu thun, die bei seiner Verbrennung entstehen.

Die im Augenblicke der Explosion des Pulvers stattfindende Temperatur sind wir bis jetzt aus Mangel an geeigneten Apparaten nicht im Stande zu messen. Diese Temperatur kann deshalb nur berechnet werden. Aber auch diese Berechnungen stimmen unter einander wenig überein.

Bunsen berechnete für die Verbrennung von Jagdpulver in freier Luft eine Temperatur von 2993 Grad C. und für die Verbrennung desselben Pulvers im geschlossenen Raume eine Temperatur von 3340 Grad C.

Wir können wohl annehmen, daß die absoluten Verbrennungs-Temperaturen der verschiedenen Pulversorten etwa zwischen 3000 Grad und 5000 Grad C. liegen. Die

*) Daß es auch Verbrennungen giebt, die ausnahmsweise nicht auf einer Oxydation (Vereinigung mit Sauerstoff) beruhen, soll hier nur angedeutet werden.

Digitized by Google

von Anderen berechneten Verbrennungs-Temperaturen von 7000 Grad, ja 9000 Grad C. sind entschieden zu hoch.

Um die bei der Verbrennung des Pulvers entwickelten Wärmequantitäten (Calorien) zu messen, hat man neuerdings*) folgenden Apparat in Anwendung gebracht.

Eine cylindrische, gußeiserne Bombe von 6 Millimeter Wandstärke und einem inneren Rauminhalt von 270—280 Kubikcentimeter ist durch einen geränderten, bronzenen Schraubenstöpsel geschlossen. Durch diesen Stöpsel geht ein isolirter Draht, mittelst dessen ein im Inneren angeordneter dünner Draht durch den galvanischen Strom in's Glühen gebracht und auf diese Weise die Substanz entzündet wird.

Die Bombe ist in ein kupfernes Gefäß von 0·14 Meter Durchmesser und 0·16 Meter Höhe eingetaucht, welches 1·83 Kg. Wasser enthält. Die Temperatur des Bades kann durch ein sehr empfindliches Thermometer auf $^1/_{100}$ Grad bestimmt werden. Um die entwickelte Wärme zu erfahren, wird das Bad zunächst auf die Temperatur der Umgebung gebracht, das Pulver entzündet und die Temperatur-Erhöhung im umgerührten Wasser bestimmt.

Es sei diese Temperatur-Veränderung des Wassers $= \Delta$ und P das Totalgewicht des Calorimeters (Gefäß, Bombe nebst Bronzestöpsel und Wasser), so ist die entwickelte Wärme Δ P.

Ein Beispiel wird dies erläutern:

8 Gramm Jagdpulver dienten als Bombenfüllung.

*) Roux und Sarran in „Comptes rendus" Band 77, S. 138 und 478; Dingler's „Polytechn. Journ." Band 209, S. 303 und Band 210, S. 21.

Digitized by Google

Es wog:

Kupfernes Gefäß . . .	0·0838 Kilo
Bronzestöpsel	0·0299 »
Gußeiserne Bombe . . .	0·1529 »
Wasser	1·8300 »
Totalgewicht P =	2·0966 Kilo

Die beobachtete Temperatur-Erhöhung war: $\Delta = 3{\cdot}07$ Grad. Folglich ist die durch 8 Gramm Pulver entwickelte Wärme Δ P = 6·4366 und die durch 1 Kilo entwickelte Wärme = 804·4 Calorien.

Dieser Apparat ist in Frankreich zuerst angewendet worden und die betreffenden Chemiker haben zugleich auch neben der Bestimmung der Calorien und der absoluten Verbrennungs-Temperaturen der einzelnen Pulversorten auch die entwickelten Gase, sowie den Druck und das geleistete Arbeitsmaximum der Gase ermittelt.

Wir theilen nachfolgend die betreffenden Resultate mit:

1. Pulvergattung	2. Calorien	3. Grade Cels.	4. Liter	5. Atmosphären	6. Metertonnen
Feines Jagdpulver	807·3	4654	234	3989	373
Geschützpulver	752 9	4360	261	4168	349
Gewehrpulver	730·8	4231	280	4339	339
Auswärtiges Handelspulver	694·2	4042	281	4160	324
Gewöhnliches Sprengpulver	570·2	3372	307	4792	270

Nr. 3 enthält die absoluten Verbrennungs-Temperaturen, Nr. 4 die Volumina der von 1 Kg. Pulver gelieferten (auf 0 Grad C. und 760 Millimeter Barometerdruck reducirten) Gase. In Nr. 5 finden wir angegeben die Drucke der aus 1 Kg. Pulver entwickelten Gase; Nr. 6

Digitized by Google

giebt das Arbeitsmaximum an, welches durch die Expansion der aus 1 Kg. Pulver entwickelten Gase hervorgebracht wird.

e) Die Gasspannung und Triebkraft des Pulvers. Wir haben bereits wiederholt gesehen, daß die treibende Kraft des Schießpulvers hervorgebracht wird durch die große Menge von Gasen, welche sich so plötzlich aus einem geringen Volumen Pulver entwickeln.

Wenn wir 5 Gramm Pulver verbrennen, die gebildeten Pulvergase in besonderen Apparaten, wie sie dem Chemiker zur Verfügung stehen, auffangen und nach ihrem Erkalten messen würden, so kämen wir zu dem überraschenden Resultat, daß sich aus dieser kleinen Menge Pulver beinahe 1 Liter Gase gebildet habe.

Die Menge von Gasen jedoch, welche sich beim praktischen Gebrauch des Pulvers als Schieß- und Sprengpulver im Rohr der Geschütze und Handfeuerwaffen oder in den Bohrlöchern der Gesteine aus 5 Gramm Pulver bildet, ist noch eine weit beträchtlichere. Wir wissen ja bereits (siehe Seite 9), daß die Gase sich, wenn sie um einen Grad erwärmt werden, um $^1/_{273}$ des ganzen von ihnen eingenommenen Raumes ausdehnen. Es werden demnach 273 Liter Pulvergase bei einer Erwärmung um 273 Grad C. ihr Volum gerade verdoppeln. Erinnern wir uns nun, daß bei der Explosion des Schießpulvers im Rohr der Geschütze die Verbrennungs-Temperatur des Pulvers circa 4000 Grad C. beträgt, so können wir ermessen, welch gewaltige Ausdehnung die aus dem Pulver gebildeten Gase noch weiterhin dadurch erfahren, daß sie um 4000 Grad C. erwärmt werden. 1 Liter Gas, welchen wir aus 5 Gramm Pulver erhalten, wird, wenn er auf 4000 Grad C. erwärmt worden ist, nicht weniger als um $14^1/_2$ Liter sich ausgedehnt haben. Demgemäß erhalten wir aus 5 Gramm

Digitized by Google

Pulver die gewaltige Menge von 15½ Liter Gas im Moment der Explosion des Pulvers im Rohr.

Diese Gase suchen sich mit aller Gewalt einen Ausweg, und da sich ringsum den gewaltigen Druck aushaltende starke Wände befinden, so wirken sie mit ganzer Kraft auf den einzigen beweglichen Theil der Wand, das Geschoß. Das Geschoß seinerseits jedoch leistet in Folge seines Beharrungsvermögens im ersten Augenblicke einen Widerstand und die auf diese Weise in ihrer Ausdehnung momentan gehinderten Gase nehmen eine gewisse Spannung an. Sowie letztere stärker geworden als der Widerstand, den das Geschoß der Bewegung entgegensetzt, wird das Geschoß mit unwiderstehlicher Gewalt zunächst in die Züge des Rohres hineingedrückt und hierauf aus letzterem herausgetrieben.

Die treibende Kraft des Pulvers hängt ab von der Verkohlungs-Temperatur der Kohle, von der Stärke, mit welcher das Pulver gepreßt wurde, sowie von der Größe der Pulverkörner.

Die Gasspannung, welche bei der Verbrennung des Pulvers im geschlossenen Raum erzeugt wird, ist von Bunsen für das Jagdpulver zu 4373 Atmosphären, entsprechend einer Arbeit von 6740 Meter-Kilogrammen berechnet worden. Der größte in einer Kanone beobachtete Druck*)

*) Zur Messung dieses Druckes benutzt man in neuerer Zeit das Rodmann'sche Manometer oder (besser) den Noble'schen Gasdruckmesser. Im ersteren Falle wird der Apparat in ein in die Geschützwandung gebohrtes Loch eingeschraubt und die Pulvergase wirken auf einen Kolben, der einen Stahlmeißel mehr oder weniger tief in eine im Manometer befindliche Kupferplatte eintreibt. Der entstandene Schnitt wird verglichen mit einer Scala von Schnittlängen, welche man mit einem Meißel von gleicher Härte auf einer Kupferplatte mit Hilfe einer hydraulischen Presse hervorgebracht hat. Beim Noble'schen Gasdruckmesser, welcher ebenfalls in die Wandung des

Digitized by Google

war beinahe 6700 Atmosphären, während in einer starken Bombe sogar eine Spannung von über 12.000 Atmosphären gefunden wurde. Jedoch machen diese Zahlen bei der Unvollkommenheit unserer gegenwärtigen Apparate zur Messung der Gasspannung in den Geschützrohren keinen Anspruch auf große Genauigkeit. In Wirklichkeit werden die Spannungen etwas geringer sein, da das sogenannte Rodmann'sche Manometer, mit welchem obige Zahlen erhalten wurden, nachweisbar zu hohe Resultate ergiebt.

Die treibende Kraft des Pulvers wird durch die Pulverproben, die wir nun noch zu besprechen haben, ermittelt.

Geschützrohres eingeschraubt wird, drücken die Gase auf die untere Fläche eines Kolbens und quetschen einen Cylinder gegen einen Amboß. Vorher hat man ähnliche Kupfercylinder mit einer Quetschmaschine verschieden stark zusammengepreßt und entwirft alsdann eine Tabelle, mit deren Hilfe man aus dem Grade der Zusammenquetschung des Kupfercylinders im Gasdruckmesser den im Geschütze stattgehabten Druck berechnet.

Digitized by Google

Die Pulverprobe.*)

Zu den Pulverproben bedient man sich der Eprouvetten und elektro-ballistischen Apparate.

A. Die Eprouvetten.

1. Der Probemörser. Durch denselben soll die Schußweite des Pulvers ermittelt werden. Er besteht aus einem Mörser von Bronze oder Eisen, dessen Achse einen Winkel von 45 Grad mit der Unterlage bildet. Die Kugel,

---

*) Eine ausführliche Beschreibung aller häufiger angewendeten Pulverproben findet sich in dem Werke von Dr. Upmann und Dr. E. v. Meyer „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei", Braunschweig 1874, S. 179—210; Allgemeines ferner in Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl; 2. Aufl., Band 4, S. 1200, sowie in R. v. Wagner's „Handbuch der chem. Technologie", 10. Aufl., S. 199; vergleiche ferner der Probemörser im „Archiv für die Officiere des kgl. preuß. Artillerie- und Ingenieur-Corps" Band 21, S. 155; die dynamometrische Pulverprobe im „Archiv für die Officiere 2c." Band 56, S. 43; Dingler's „Polytechn. Journ." Band 174, S. 191; das ballistische Pendel im „Archiv für die Officiere 2c." Band 21, S. 157; Wheatstone's elektromagnetisches Chronoskop in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 114, S. 255, Band 132, S. 259; Galvanometer von Pouillet in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 179, S. 30; der elektro-ballistische Chronograph von Le Boulengé in „Mémoire sur un chronographe electro-ballistique par P. Le Boulengé. Paris et Liège 1864", ferner im „Archiv für die Officiere 2c." Band 56, S. 189 und

Digitized by Google

welche aus dem Mörser geworfen wird, ist von Bronze, ihr Durchmesser beträgt 0·1895 oder 0·190 Meter. Sie wiegt 29·37 Kg.

Vor Anstellung des Versuches mißt man auf's genaueste den inneren Durchmesser des Mörsers, des Zündloches und der Kugel. Der Durchmesser des Mörsers muß 191·2 Millimeter, der des Zündloches 3·4 Millimeter und der der Kugel 189·5 Millimeter betragen. Ihr Gewicht muß, wie schon angegeben, genau 29·37 Kg. sein.

Die Pulverladung beträgt 92 Gramm. Der erste Schuß wird nicht gerechnet, da er das Ausflammen des Mörsers bezweckt. Nach jedem Schuß wird die Seele und Mörserkammer ausgewischt und die Kugel gereinigt. Denn der sonst an den Wänden der Seele sich anlagernde Schleim würde den Spielraum verkleinern und somit wesentlich auf die Wurfweite einwirken.

Bei der Probe soll das Pulver die Kugel mindestens 235 Meter schleudern. In Preußen ist die mittlere Wurfweite des Normalpulvers aus dem bronzenen Probirmörser für Normalgeschützpulver auf wenigstens 278·24 Meter und höchstens 285·76 Meter, für Normal-Gewehrpulver auf wenigstens 285·76 Meter und höchstens 293·28 Meter festgestellt.

2. Das Infanteriegewehr. Wenn man sich desselben zu Pulverproben bedient, so will man nicht sowohl

---

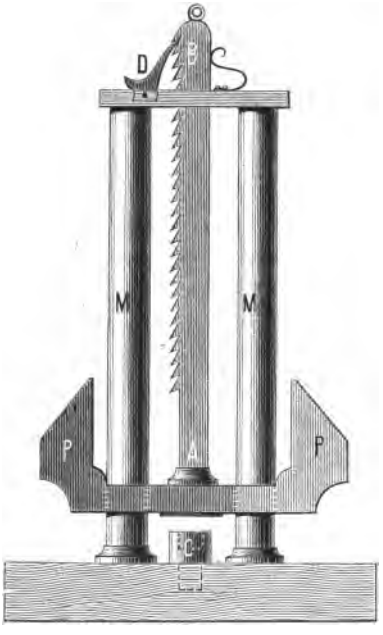
Dingler's „Polytechn. Journ." Band 179, S. 39; elektrischer Chronograph von Bashforth in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 183, S. 81; der Chronograph von Noble in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 195, S. 52 und Band 202, S. 338; Calorimetrischer Apparat von Melsens in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 174, S. 195.

Digitized by Google

die Wurfweite, als vielmehr die Percussionskraft (durchschlagende Kraft) des Pulvers ermitteln.

In Preußen ladet man ein Infanteriegewehr von 15 Millimeter Kaliber mit 7·3 Gramm Pulver und schießt zehn Schüsse mit trockenem Pulver und eben so viel mit nassem Pulver gegen eine bestimmte Anzahl von Brettern ab.

Fig. 15.



Bei der Ladung mit trockenem Pulver soll die Kugel 5—7 Tannenbretter von 26 Millimeter Dicke durchdringen, welche in einem Zwischenraume von je 78 Millimeter aufgestellt sind; feuchtes Pulver soll unter gleichen Umständen die Kugel durch 4—6 Bretter treiben.

3. Die Eprouvette mit gezahnter Stange. Ein kleiner, aufrecht stehender und auf einer Eisenplatte befestigter Mörser (C) (Fig. 15) wird mit 1·5 Gramm Pulver geladen und alsdann mit dem 2·5 Kilogr. schweren Gewichte P P verschlossen, welches mit der gezahnten Stange A B in Verbindung steht und sich frei an den Pfeilern M M bewegt.

Beim Entzünden der Pulverladung wird das Gewicht

Digitized by Google

P P und damit auch die gezahnte Stange A B in die Höhe getrieben, wobei die Sperrklinke D die Stange am Herabfallen hindert. Je größer die Triebkraft des Pulvers ist, desto höher natürlich wird die Zahnstange gehoben. Jeder Zahn stellt einen Grad vor. Sprengpulver soll bei dieser Probe 25—30, Geschützpulver 60—65, Gewehrpulver 70 bis 90 und Scheibenpulver 120—150 Grad schlagen.

4. Die Eprouvette von Regnier. Dieselbe findet in Frankreich zur Prüfung des Jagdpulvers Anwendung. Es wird hierbei die Wirkung des Pulvers, sowohl die vor- als rückwärtswirkende, auf eine Elasticität einer Stahlfeder ausgeübt. Eine kleine Kanone ist an einer zweischenkeligen freihängenden Stahlfeder so befestigt, daß sie sich mit der Mündung an das Ende des einen Schenkels, mit der Traube dagegen an ein mit dem anderen Schenkel fest verbundenes, hakenförmiges Querstück von Eisen stützt. Beim Entzünden des Pulvers wird der eine Schenkel durch die vorwärts wirkende Kraft, der andere durch die Reactionskraft bewegt und beide nähern sich. Den Grad der Annäherung liest man an einem mit Läufen versehenen Gradbogen ab. Ordinäres Jagdpulvers zeigt 12, feinstes 14 Grad.

5. Die Hebelprobe. Hierbei erkennt man die Größe der Triebkraft eines Pulvers aus der Rückwirkung (Reactionskraft), welche es auf einen Hebelarm äußert. Ein Winkelhebel, dessen zwei Arme gleich lang sind und sich bei Ausführung der Probe in horizontaler Lage befinden, ist an dem äußersten Ende des einen Armes mit einem kleinen Mörser versehen, während der andere Arm ein Gewicht trägt, welches so aufgehängt wird, daß es dem ersten Arme noch das Gleichgewicht hält, wenn der daran befestigte Mörser mit einer bestimmten Menge Pulver gefüllt ist.

Nachdem die horizontale Lage der Hebelarme vollständig

Digitized by Google

hergestellt ist, wird das Pulver mit einem Stoppinenfaden entzündet. Durch die Reactionskraft des ausströmenden Gases wird ein Herabdrücken des Böllers mit seinem Arme, aber zugleich auch ein Steigen des mit dem Gewichte beschwerten Hebelarmes bewirkt.

Mit großer Genauigkeit wird diese Steigung dadurch gemessen, daß an den äußersten Endpunkten des einen Hebelarmes ein kleiner Steller befestigt ist, der an den Zähnen eines vertical dagegen stehenden Bogens herabgleitet. Durch das Eingreifen des Stellers in diese Zähne wird nun das Zurückgleiten des Hebelarmes in seine alte Lage verhindert.

Bei dieser Probe zieht man gewöhnlich aus vier Schüssen das arithmetische Mittel. Sprengpulver soll 22, Stückpulver 60, Musketenpulver 80 und Scheibenpulver 130 Grad schlagen.

6. Die Pendelprobe (oder das ballistische Pendel) kann auf zweierlei Weise ausgeführt werden. Entweder hängt man eine kleine Kanone als Pendel senkrecht auf und mißt die Größe der Reactionsbewegung in Graden an einem Bogen, oder man beobachtet die Wirkung der Kugel auf den als Pendel aufgehängten Kugelfang.

B. Die elektro-ballistischen Apparate.

1. Das elektro-magnetische Chronoskop von Wheatstone. Die Kugel zerreißt bei ihrem Austritte aus dem Gewehrlaufe einen quer über denselben gespannten, in eine galvanische Kette eingeschalteten Draht und unterbricht dadurch den Strom. In demselben Augenblicke wird der Zeiger einer Uhr mit einer genau bekannten Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt, während durch den

Digitized by Google

Aufschlag der Kugel auf die Fangplatte die Kette geschlossen und dadurch die Uhr arretirt wird. Man weiß also Länge und Zeit des zurückgelegten Weges und folglich auch die Geschwindigkeit der Kugel.

2. Das Galvanometer von Pouillet. Das Galvanometer wird in die Kette in der Weise eingeschaltet, daß beim Hinausfliegen des Geschosses aus dem Rohre die Kette geschlossen, in demselben Augenblick aber wieder geöffnet wird, sowie das Geschoß am Ziele angelangt ist. Aus der Größe des Ausschlages der Magnetnadel, auf welche der Strom von bekannter Stärke einwirkt, wird unter Berücksichtigung der Dauer des Stromes die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses berechnet.

3. Der Chronograph von Watkin.*) Zu den Schießversuchen werden zwei harfenähnliche Scheiben, die in gewisser Entfernung von einander stehen, benutzt. Die Kanonenkugel muß durch beide Scheiben hindurch und zerreißt bei beiden Drähte. In Folge dessen wird in beiden Fällen ein elektrischer Strom unterbrochen. Den Augenblick der Stromunterbrechung kann man jedesmal an zwei mit geschwärztem Seidepapier überzogenen Kupfercylindern, zwischen denen unmittelbar vor dem Abfeuern ein Gewicht herabgleiten gelassen wird, ablesen.

Bei der ersten Unterbrechung des Stromes springt ein Funken von dem einen Kupfercylinder auf den anderen durch einen (den kürzesten Weg bietenden) Messingdraht des Gewichtes. Der durch den Funken auf dem geschwärzten Papier erzeugte Fleck markirt die genaue Lage des Gewichtes im Augenblick der Unterbrechung des Stromes in der ersten

*) „Engineer", November 1874, S. 333; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 214, S. 374.

Digitized by Google

Scheibe. Man kennt genau den Abstand beider Scheiben und kann aus dem Abstand beider schwarzer Punkte die Zeit berechnen, welche die Kugel zur Zurücklegung der bekannten Entfernung brauchte.

An Stelle dieser harfenähnlichen Scheiben hat man wegen der Anschaffungs- und Reparaturkosten, sowie wegen der bei ihnen nach jedem Schusse nöthigen zeitraubenden und langweiligen Wiederherstellung der Spannfedern die amerikanischen Scheiben empfohlen.

Die amerikanischen Scheiben bestehen aus mit Papier überspannten leichten Rahmen, welche hinter rahmenförmigen Trägern hängen und durch schwache Federn leicht an diese angedrückt werden. Geht die Kugel durch die Scheibe, so wird die letztere auf einen Augenblick vom Träger entfernt und unterbricht dabei den elektrischen Strom, welcher gleich darauf beim Rückgange der Scheibe an den Träger wieder geschlossen wird.

Auf andere ähnliche Apparate, wie den elektro-ballistischen Chronograph von Le Boulengé, den Chronograph von Bashforth und den Chronograph von Noble kann hier*) nur hingewiesen werden.

*) Der Literaturnachweis zu eben genannten Chronographen findet sich beim Eingang dieses Abschnittes.

Digitized by Google

Schießpulverähnliche explosive Mischungen.

Man kann diese zahlreiche, aber weniger wichtige Classe von explosiven Stoffen eintheilen in Mischungen, welche dieselben Bestandtheile wie das Schießpulver, jedoch in abgeänderten Gewichtsverhältnissen enthalten, und in solche, welche den Kalisalpeter oder die Holzkohle des gewöhnlichen Pulvers ganz oder theilweise durch einen anderen Stoff ersetzt haben.

Der Kalisalpeter kann im Schießpulver ganz oder theilweise ersetzt werden durch Natronsalpeter (Perusalpeter), Barytsalpeter oder durch chlorsaures (seltener überchlorsaures) Kali.

Für die Holzkohle giebt es eine Menge Surrogate, meist kohlenstoffreiche organische Stoffe, deren Zusatz zur Pulvermischung den Hauptzweck hat, die Entzündlichkeit des Pulvers zu vermindern und seine Verbrennung zu verlangsamen. Wir führen von diesen Surrogaten hier an: Sägespäne, Lohe, Kleie; Steinkohle, Coaks; Humussäure, Gerbsäure, Catechu; Zucker, gelbes und rothes Blutlaugensalz, Weinstein, Seignettesalz. Als Klebmittel hat man Dextrin, Leim, Gummi, Stärkekleister, Syrup u. s. w. angewendet.

Diejenigen schießpulverähnlichen Mischungen, welche den Kalisalpeter theilweise oder ganz durch oben genannte Stoffe ersetzt haben, enthalten auch in der Regel ein Surrogat für die Holzkohle. Wir werden demnach die Pulvermischungen mit Surrogaten für Holzkohle nicht gut getrennt besprechen können von den explosiven Mischungen mit Ersatz für den Kalisalpeter.

Digitized by Google

1. Mischungen, welche die Bestandtheile des Schießpulvers in abgeänderten Gewichtsverhältnissen enthalten.

Derartige Mischungen sollen in der Regel einen doppelten Zweck verfolgen, sie sollen größere Wirkung haben und billiger als das gewöhnliche Pulver sein.

Wir sahen schon früher, daß zu diesen in den Gewichtsverhältnissen der einzelnen Bestandtheile von der Zusammensetzung des Schießpulvers abweichenden explosiven Mischungen auch das gewöhnliche Sprengpulver gehört. Zur besseren Vergleichung sei hier nochmals die Zusammensetzung von Militärpulver und Sprengpulver neben einander angeführt. Das österreichische Militärpulver enthält 75·5 Salpeter, 10 Schwefel und 14·5 Kohle, ein in Oesterreich angewendetes Sprengpulver dagegen besteht aus 60·25 Salpeter, 21·30 Schwefel und 18·45 Kohle.

Nächst dem Sprengpulver haben wir als eine vom gewöhnlichen Schießpulver in ihrer Zusammensetzung beträchtlich abweichende explosive Mischung das Neumeyer'sche Pulver*) zu bezeichnen.

Dasselbe wurde von dem Steinbruchs-Betriebsführer G. A. Neumeyer in Taucha bei Leipzig erfunden. Es

*) „Deutsche Industrie-Zeitung" 1866, S. 48 und 277; 1867, S. 77; Wagner's Jahresbericht 1867, S. 245; 1868, S. 301; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 182, S. 248; Band 184, S. 163; „Berg- und Hüttenmännische Zeitung", 1866, S. 309; Versuche in Staßfurt im „Berggeist" 1866, Nr. 90; in Mansfeld in „Berg- und hüttenmännische Zeitung" 1868, S. 354; Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl, 2. Aufl., Band 4, S. 1214; „Das Schießpulver, die Explosivstoffe und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer, Abtheilung II, S. 2.

Digitized by Google.

besteht aus 75 Salpeter, $18^3/_4$ Kohle und $6^1/_4$ Schwefel. Es ist also eine Pulvermischung, welche reicher an Kohle und ärmer an Schwefel ist als das gewöhnliche Schießpulver.

Zur Bereitung dieses Pulvers werden Salpeter, Kohle und Schwefelblumen in genannten Gewichtsverhältnissen in einem Cylinder von Holz oder Kupfer nach Zusatz von etwa 40 Percent Wasser durch eine Welle mit radialen Armen eine Viertelstunde lang gemengt. Das alsdann getrocknete Pulver kann ohneweiters gebraucht werden.

Die Vorzüge, welche das Neumeyer'sche Pulver dem gewöhnlichen Schießpulver gegenüber besitzt, bestehen in folgenden Eigenschaften. Es verbrennt, aber explodirt nicht bei Zutritt der Luft und gestattet gefahrlosen Transport. Es kann durch Stoß und Druck nicht zur Entzündung gebracht werden. Es explodirt nur im geschlossenen Raume. Bei im Vergleiche zum gewöhnlichen Schießpulver höherer Wirkung hinterläßt es weniger Rückstand und Pulverrauch als dieses. Endlich ist es auch billiger als Schießpulver.

Mit dem Neumeyer'schen Pulver wurden mehrfach Sprengversuche bei Staßfurt, Taucha, im Mansfeldischen, sowie in englischen Schiefer- und Granitbrüchen angestellt. Dieselben fielen ebenso zufriedenstellend aus als die von dem Artilleriehauptmann Heß und zu Le Bouchet mit ihm angestellten Schießversuche, welche ergaben, daß die dem Projectil ertheilte Anfangsgeschwindigkeit eine größere ist als bei Anwendung von Geschützpulver.

In Folge dieser günstigen Resultate sahen Einige bereits im Geiste das gewöhnliche Schießpulver durch das Neumeyer'sche Pulver verdrängt. Indessen scheinen sich diese und auch noch weniger sanguinische Hoffnungen, die man in die neue Pulvermischung setzte, nicht erfüllt zu haben

Digitized by Google

Seit beinahe zehn Jahren hat man über neue Versuche mit Neumeyer's Pulver nichts mehr gehört und gelesen.

2. Explosive Mischungen, in denen der Kalisalpeter durch andere Stoffe ersetzt ist.

a) Pulversorten, in welchen der Kalisalpeter ganz oder theilweise durch Natronsalpeter vertreten ist. Der Natronsalpeter (Peru-, Chilesalpeter) hat zwei Vorzüge vor dem Kalisalpeter, er ist billiger als dieser und besitzt in derselben Gewichtsmenge mehr wirkende Kraft, das heißt mehr Sauerstoff.*) Dagegen hat er den großen Nachtheil, daß er Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Neuerdings**) hat man behauptet, daß das wirklich chemisch reine salpetersaure Natron ebenso unverändert und trocken an der Luft sich erhalten kann wie das salpetersaure Kali. Es seien vielmehr verschiedene, schwer von dem salpetersauren Natron zu trennende Salze (salpetersaurer Kalk und — Magnesia, sowie Chlorcalcium und Chlormagnesium), welche das Feuchtwerden desselben bedingen. Falls sich diese Annahme bestätigen sollte, so käme es nur darauf an, eine billige, rasch ausführbare und sichere Reinigung des Natronsalpeters im Großen zu ersinnen.

Um das Feuchtwerden des Natronsalpeters zu verhindern, setzt man solchen Pulversorten, die dieses Salz enthalten, zuweilen 10—18 Percent entwässertes schwefelsaures Natron (oder schwefelsaure Magnesia) hinzu.

---

*) Es ist dies eine Folge des im Vergleich zum Kalium geringeren Atomgewichtes des Natriums.

**) Schubarth, „Technische Chemie", 4. Aufl., Band 1, S. 315.

Digitized by Google

Wir führen nunmehr die hauptsächlichsten hierher gehörigen Pulversorten an, und zwar zuerst diejenigen, welche Kali- und Natronsalpeter zugleich, und dann diejenigen, welche nur Natronsalpeter enthalten.

Der Pyrolith besteht aus 51·5 Kalisalpeter, 16 Natronsalpeter, 20 Schwefelblumen, 11 Sägemehl und 1·5 Kohlenstaub.

Der Pudrolith*) besteht aus 68 Kalisalpeter, 3 Natronsalpeter, 3 Barytsalpeter, 6 Holzkohle, 5 Sägemehl, 3 gebrauchte Lohe und 12 Schwefel.

Sprengpulver von Schäffer & Budenberg.**) Dasselbe enthält 30—38 Kalisalpeter, 40 Natronsalpeter, 8—12 Schwefel, 7—8 Holzkohle, 3—4 Steinkohlenklein und 4—6 Seignettesalz.

Matteen's Sprengpulver***) ist zusammengesetzt aus 47 Natronsalpeter, 18 Kalisalpeter, 17 Schwefel, 12 Sägemehl, 6 kohlensaures oder schwefelsaures Natron.

Der Kalisalpeter ist völlig ersetzt durch Natronsalpeter bei folgenden Mischungen:

Davey's Pulver.†) Man bildet mit Wasser, Natronsalpeter, Schwefel, Kohle und einer schleimigen Substanz (Mehl, Kleie, Stärke) einen dicken Teig, den man knetet, durch Walzen gehen läßt, körnt und trocknet. Angebliche Vorzüge: rasche und deshalb billige Herstellung, gefahrlose Handhabung und wenig Rauch bei der Explosion.

Pyronone,††) Dasselbe besteht aus 52·5 Natronsalpeter, 27·5 erschöpfter Gerberlohe und 20 Schwefel. Die

*) „Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft", Jahrg. 6, S. 78.
**) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 173, S. 236.
***) „Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft", Jahrg. 6, S. 151.
†) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 156, S. 78.
††) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 156, S. 77.

Lohe wird mit der kochenden Lösung des Natronsalpeters gesättigt, dann fügt man den Schwefel hinzu und trocknet das Gemisch. Vorzüge: Billigkeit und gefahrlose Handhabung wegen schwerer Entzündbarkeit. Nachtheil: Im Verhältniß zum gewöhnlichen Sprengpulver geringere Krafteentwickelung.

In Freiberg und Wetzlar hat man vor Jahren Sprengpulver angewendet, die ebenfalls nur Natronsalpeter enthielten. Dieselben hatten folgende Zusammensetzung: *)

	Freiberger	Wezlarer
Natronsalpeter . . .	61·66	66·68
Schwefel	17·25	11·77
Lohe	—·—	18·71
Kohle	17·35	—·—
Feuchtigkeit	—·—	2·81

b) Pulversorten, in welchen der Kalisalpeter ganz oder theilweise durch Barytsalpeter ersetzt ist.

Saxifragin.**) Dasselbe besteht aus 77 Theilen salpetersaurem Baryt, 21 Theilen Holzkohle und 2 Theilen Kalisalpeter und wird ähnlich wie das gewöhnliche Schießpulver fabricirt. Da es an und für sich schwerer entzündlich ist, überpudert man dasselbe noch feucht mit fein zerriebenem Schießpulver.

Dem Saxifragin sehr ähnlich zusammengesetzt ist das Sprengpulver des belgischen Hauptmannes Wynants. Dasselbe***) enthält 76 Barytsalpeter, 2 Kalisalpeter und 22 Holzkohle.

---

*) Wagner's Jahresbericht 1864, S. 227.

**) Wagner's Jahresbericht 1863, S. 315.

***) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 182, S. 251.

Digitized by Google

Das Küp'sche Sprengpulver*) besteht aus 80 Percent Barytsalpeter neben Kohle und Schwefel.

Die Barytpulver haben den großen Nachtheil, daß sie sehr starke Verbrennungsrückstände liefern.

c) Pulversorten, in welchen der Kalisalpeter durch chlorsaures (resp. überchlorsaures) Kali ersetzt ist. Dieselben haben eine noch beschränktere Anwendung gefunden als die eben genannten Pulversorten. Das chlorsaure Kali ist beinahe dreimal so theuer als der Kalisalpeter. Es kann also die Anwendung eines »Chloratpulvers« **) nicht wie die eines Natronsalpeter-Pulvers den Vorzug größerer Billigkeit vor dem gewöhnlichen Schießpulver haben. Man will vielmehr durch den Zusatz von chlorsaurem Kali die Wirkung des Pulvers vermehren. Indessen hat das chlorsaure Kali eine für unseren Zweck sehr unerwünschte Eigenschaft. Es giebt nämlich seinen Sauerstoff beim Erhitzen weit rascher und stürmischer ab als der Kalisalpeter und in Folge dessen ist den Chloratpulvern statt der nachhaltigen treibenden Wirkung des Schießpulvers eine mehr brisante Wirkung eigen, die sie als Ersatz des Schießpulvers untauglich macht und lediglich zu den Sprengstoffen verweist.

Abgesehen hiervon, würde auch schon der Umstand, daß die Chloratpulver die eisernen Läufe der Feuerwaffen stark angreifen, die Einführung derselben in der Artillerietechnik verbieten.

---

*) „Berg- und hüttenmännische Zeitung", 1865, S. 376.

**) Streng genommen, nennt man Chloratpulver nur ein solches Pulver, welches an Stelle des Salpeters des Schießpulvers in demselben Mengenverhältniß chlorsaures Kali enthält, und zwar in der Regel 6 chlorsaures Kali auf 1 Schwefel und 1 Kohle.

Digitized by Google

Zu allen diesen Uebelständen kommt schließlich noch, daß die Fabrikation und die Handhabung der Chloratpulver weit gefahrvoller ist als die des gewöhnlichen Schießpulvers. Die Chloratpulver werden auch wohl »muriatische Pulver« genannt. Wir führen von der großen Zahl der hierher gehörigen Mischungen folgende an:

Das Pulver von Kellow und Short.*) Es existirt in drei verschiedenen Mischungs-Verhältnissen mit jeweilig verschiedener Leistungsfähigkeit.

Chlorsaures Kali . . .	12	6	10
Salpetersaures Natron . .	30	36	10
Salpetersaures Kali . .	8	4	20
Schwefel	10	10	—
Lohe und Sägespäne . .	46	50	46

Zu seiner Bereitung löst man die drei erstgenannten Bestandtheile in Wasser auf und tränkt Lohe und Sägespäne mit der erhaltenen Salzlösung. Alsdann werden die Schwefelblumen hinzugemengt und die Masse getrocknet.

Das weiße Pulver von Augendre (deutsches, auch amerikanisches Weißpulver genannt).**) Augendre gab zu seiner Herstellung folgende Vorschrift an: 50 chlorsaures Kali, 25 Blutlaugensalz und 25 weißer Zucker werden feucht in bronzenen Mörsern gemischt und auf gewöhnliche Weise gekörnt.

Späterhin hat Pohl sich eingehend mit der Verbesserung dieses Pulvers beschäftigt und folgende Mischung als die wirksamste empfohlen: 49 chlorsaures Kali, 23 Zucker

*) „Polytechnisches Centralblatt", 1863, S. 553.

**) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 115, S. 379; Band 159, S. 427; Band 161, S. 317; Band 162, S. 156; Band 164, S. 123; Wagner's Jahresberichte 1860, S. 209 und 1861, S. 227.

Digitized by Google

und 28 Blutlaugensalz. Nach seinen Versuchen entsprechen 100 Theile Schwarzpulver in ihrer Wirkung 60 Theilen Weißpulver. Letzteres giebt nur 31·53 Theile Rückstand, Schwarzpulver dagegen 68 Theile. Weitere Vortheile sind nach Pohl die geringere Flammentemperatur des Weißpulvers, in Folge dessen mehr Schüsse ohne zu starke Erhitzung der Feuerwaffen gethan werden können. Es ist das Verhältniß der Flammentemperatur von weißem zu schwarzem Pulver 0·779 : 1 und der entwickelten Gasmengen 1·669 : 1.

Zu all' diesen Vorzügen hat man ferner noch gerechnet, daß das Weißpulver an der Luft sehr beständig ist, sich durch Funken leichter entzündet, in ungekörntem Zustande verwendet und endlich billiger und einfacher hergestellt werden kann. Man müßte sich wundern, daß ein Pulver mit solchen guten Eigenschaften nicht schon größere Anwendung erlangt habe, wenn man nicht daran dächte, daß alle derartigen neuen Erfindungen zuerst nur von der guten Seite betrachtet werden, der hinkende Bote kommt dann in der Regel später nach.

So hat man auch gefunden, daß die Angabe, das Weißpulver explodire nur durch Schlag von Eisen auf Eisen, nie durch Reibung, nicht richtig ist. Zuweilen kamen auch beim vorsichtigsten Mengen der Bestandtheile Explosionen vor. Ja sogar eine Flasche mit weißem Pulver, welche der Junisonne ausgesetzt war, explodirte. Namentlich diese tückische Art, mit welcher das Weißpulver zuweilen plötzlich, ohne daß man einen richtigen Grund dafür angeben könnte, explodirt, ist ein Abschreckungsmittel für seine ausgedehntere Anwendung geworden. Mag auch das Weißpulver in der Regel gefahrloser zu handhaben sein als das Schwarzpulver, so ist letzteres aber eine Substanz mit genau bekannten Eigenschaften und die Kenntniß der letzteren er-

Digitized by Google

möglicht es, daß wir dennoch mit dem Schwarzpulver mit einem Gefühle größerer Sicherheit umgehen, als mit dem in seinen Eigenschaften theilweise räthselhaften Weißpulver.

Hierzu kommt noch, daß das Weißpulver, wie alle muriatische Pulver, die eisernen Läufe angreift. Man hat deshalb empfohlen, das Weißpulver auf bronzene Feuerwaffen und auf die Füllung von Hohlgeschossen zu beschränken. So hat man vorgeschlagen, das Weißpulver zugleich mit concentrirte Schwefelsäure enthaltenden Glaskugeln in Hohlgeschosse einzuschließen. Indem die Glaskugeln beim Aufschlagen des Geschosses zerbrechen, fließt die Schwefelsäure in das Pulver und bringt dasselbe zur Entzündung.

Auch bei den Contact-Torpedos hat man das Weißpulver in Verbindung mit Schwefelsäure zur Zündung der Pulverladung angewendet.

Ehrhardt's Pulver.*)

	Artillerie-pulver	Sprengpulver	Bombenpulver
Chlorsaures Kali .	1	1	1
Salpetersaures Kali	1	1	—
Holzkohle . . .	—	4	—
Gerbsäure . . .	1	2	1

Melland's Schießpapier.**) Man tränkt Papierbogen mit einem Gemisch, welches durch einstündiges Kochen von 9 chlorsaurem Kali, $4\frac{1}{2}$ Kalisalpeter, $3\frac{1}{4}$ gelbem Blutlaugensalz, $3\frac{1}{4}$ gepulverter Holzkohle, $\frac{1}{16}$ chromsaurem Kali und $\frac{1}{20}$ Stärkemehl in 79 Wasser erhalten ist, zieht das Papier durch Walzen, rollt dasselbe zu Patronen auf und trocknet diese, worauf man sie noch (um sie gegen

*) „Deutsche Industrie-Zeitung" 1865, S. 378 und 1866, S. 178.

**) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 181, S. 150.

Digitized by Google

Feuchtigkeit unempfindlich zu machen) mit einer Auflösung von 1 Theil Xyloidin in 3 Theilen Essigsäure von 1·04 specifischem Gewicht bestreicht.

Die Herstellung des Schießpapiers soll billiger, einfacher und gefahrloser sein als die des Schießpulvers. Bei der Explosion soll es wenig Rauch verursachen und die Gewehre weniger verunreinigen. Seine Triebkraft ist größer als die des Schießpulvers.

Horsley's Galläpfelpulver*) besteht aus 9 Theilen chlorsaurem Kali und 3 Theilen gepulverten Galläpfeln. Das Gemisch bleibt ungekörnt. Die 1867 in Oesterreich versuchte Einführung desselben (zu Infanteriegewehr-Zündgeschossen) hat sich nicht bewährt.

Nisser's Pulvermischungen**) enthalten überchlorsaures Kali. Die beiden Vorschriften sind:

Chlor- oder überchlorsaures Kali	$10\frac{1}{2}$	$15\frac{3}{4}$
Gelbes oder rothes Blutlaugensalz	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$
Kali- oder Natronsalpeter . .	$44\frac{1}{2}$	$55\frac{1}{2}$
Pflanzenstoff	$6\frac{1}{2}$	10
Steinkohle	$19\frac{1}{2}$	$4\frac{3}{4}$
Schwefel	$15\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$

*) Wagner's Jahresbericht 1862, S. 280.

**) „Deutsche Industrie-Zeitung" 1866, S. 178.

Digitized by Google

Als Ersatz des Schießpulvers neuerdings empfohlene explosive Präparate.

1. Friedr. Volkmann's Patent-Schieß- und Sprengpulver.*)

Es wurde schon bei der Fabrikation des Schießpulvers hervorgehoben, daß dasjenige Mischungsverhältniß seiner drei Bestandtheile das beste und wirksamste wäre, welches bei der Verbrennung die völlige Verflüchtigung des Pulvers in Gase ermöglichte. Da aber das Schießpulver auch nichtflüchtige Bestandtheile enthält, so ist ein derartiges ideales Mischungsverhältniß leider nicht zu erreichen.

Die verschiedenen Schießpulversorten enthalten zwischen 9 und 19 Percent Kohle, zwischen 9 und 18 Percent Schwefel und 69—79 Percent Salpeter. Bei der Explosion verwandeln diese Pulversorten durchschnittlich nur $^1/_3$ ihres Gewichtes in Gase, die übrigen $^2/_3$ sind überflüssiger Ballast; wir treffen sie im Pulverrückstand und Pulverrauch wieder. Noch schlimmer steht es in dieser Hinsicht mit dem Sprengpulver, welches seines geringeren Salpetergehaltes wegen nur etwa $^1/_5$ seines Gewichtes in Gase verwandelt, während die übrigen $^4/_5$ für die Kraftäußerung des Sprengpulvers ohne jeglichen Werth sind.

---

*) „Zeitschr. des österreich. Ing.- und Arch.-Vereins" 1873, S. 184; Dingler's „Polytechn. Journ." Band 209, S. 295.

Digitized by Google

Von dieser Ueberlegung ausgehend, hatte Volkmann es unternommen, eine explosive Mischung herzustellen, die gewissermaßen die Quintessenz der wirksamen Bestandtheile des Schießpulvers enthält. Volkmann's neues Pulver ist als ein in seinen Grundstoffen geläutertes und veredeltes Schießpulver anzusehen, welches befreit ist von Allem, was nur „Schlacke" oder Rückstand bildet.

Der Pflanzenstoff (Cellulose) ist als Basis beibehalten und den auf chemischem Wege herangezogenen Sauerstoffträgern dienstbar gemacht. Statt den Pflanzenstoff aber zu verkohlen, wird er als unverkohltes Holz angewendet. Wir können Volkmann's neues Pulver kurz bezeichnen als ein mechanisch und chemisch bearbeitetes Holz in Körnerform, welches mit den Sauerstoffträgern imprägnirt wurde.*)

Das Volkmann'sche Präparat läßt sich übrigens, um es haltbarer und gegen Wasser unempfindlich zu machen, mit einem wasserdichten Ueberzug versehen, sowie auch durch Pressen verdichten.

Volkmann, der in Folge seiner militärischen Stellung eine vieljährige Thätigkeit in der Pulver-Fabrikation hinter sich hat, ist der Ansicht, daß sein neues Präparat zum Gebrauche als Jagdpulver sich weit besser eigne als das Schwarzpulver. Als Sprengpulver soll es den Dynamit erreichen, in den Gefahren bei der Erzeugung, Verwendung und dem Transporte aber weit hinter jenem zurückbleiben.

Die Schießproben, welche im k. k. Arsenal zu Wien mit diesem neuen Pulver gemacht wurden, hatten Schießbilder zum Ergebnisse, die mit dem Schwarzpulver bei der

*) Ueber die Details der Fabrikation ist uns bis jetzt nichts bekannt geworden.

Digitized by Google

gleichen Zahl von Schüssen nie zu Stande kamen. Auf 300 Schritte Distanz, aus einem Werndlgewehr mit 16 Gran Ladung (statt 55 Gran des schwarzen Pulvers) wurden 12 Schüsse gemacht und alle waren in der oberen Hälfte der Scheibe, die Mehrzahl aber im Brustbilde der Figur, während auf gleiche Distanz Schüsse mit Schwarzpulver bald hoch, bald tief ausfielen und von zwölf auf einander folgenden Schüssen die letzten schon sehr unsicher wurden.

Nach den im k. k. technischen Militär-Comité kurz, vor diesem Scheibenschießen ausgeführten wissenschaftlichen Proben ist auch die Ordinate der Flugbahn berechnet worden und es ergab sich bei 400 Meter Distanz eine Verflachung von 20 Zoll gegen das Schwarzpulver.

Das specifische Gewicht des Volkmann'schen Schießpulvers verhält sich aber zu jenem des Schwarzpulvers wie 2:5, und es ist daher schon dem Gewichte nach mehr als die doppelte Kraft dem ersteren eigen. Denn bei allen diesen Versuchen hatte die Ladung immer nur das Volumen, welches bei Verwendung von Schwarzpulver nothwendig ist, um die Normalpatrone für das Werndlgewehr zu füllen.

Von Volkmann's Patent-Sprengpulver wird dem Volumen nach die Hälfte, dem Gewichte nach aber nur $^1/_4$ verwendet, um die Wirkung des für Sprengzwecke bestimmten Schwarzpulvers zu erzielen. Dasselbe kann auch in der frei aufliegenden Patrone zur Detonation gebracht werden, eine Wirkung, die das Schwarzpulver versagt.

Im geschlossenen Raume soll es wirksamer sein als Dynamit. Denn es bietet die gleiche Kraft, jedoch mehr hebend, als zerstörend.

Ob dieses Sprengpulver bereits auf dem Wege der

Digitized by Google

Collodirung in wasserdichte, comprimirte Formen gebracht angewendet wird, vermögen wir nicht anzugeben.

Zu den mit dem Volkmann'schen Pulver im k. k. Arsenale zu Wien vorgenommenen Schießversuchen ist noch zu bemerken, daß mehrere hundert Schüsse aus einem Werndlgewehr, ohne dasselbe zu reinigen, mit diesem Pulver abgegeben wurden. Trotzdem war kein Rückstand im Rohr geblieben. Die große Treffsicherheit und der kaum fühlbare Rückstoß zeigen von der Reinheit der im Pulver gebundenen Stoffe. Der Schütze sieht unmittelbar nach dem Schuß, und der bei Tunnel-, Stollen- und Schachtbauten beschäftigte Sprengarbeiter kann, ohne Anwendung künstlicher Mittel zur Reinigung der Luft, im Stollen bleiben und sofort seine Arbeit wieder beginnen.

Die Preise*) belaufen sich:

auf 2 fl. 20 kr. per Zollpfund Schießpulver, und
» 1 » 20 » » » Sprengpulver.

Bei Bestellungen von mindestens 50 Pfund stellt sich der Preis loco Fabrik auf nur:

200 fl. per Zollcentner Schießpulver und
100 » » » Sprengpulver.

Die Versendung erfolgt in Zwilchsäcken und Fässern à 50 und 100 Pfund, bei Schießpulver ausnahmsweise auch in Blechbüchsen à 1 Pfund.

Ob dieses Volkmann'sche Pulver jemals ein ernstlicher Concurrent des Schwarzpulvers werden wird, läßt sich vorläufig nicht beurtheilen. Denkt man an die vielen unerfüllt gebliebenen Hoffnungen, welche man auf so manche andere als Ersatz für Schießpulver, enthusiastisch begrüßte

*) Ob diese Preise auch jetzt noch genau dieselben sind, müssen wir dahingestellt sein lassen.

Digitized by Google

explosive Mischung gesetzt hatte, so wird man auch hier mit seinem Urtheil vorsichtig zurückhalten, und zwar so lange, bis umfassendere praktische Erprobungen vorliegen. Die nächsten Jahre indessen werden schon lehren, ob das Volkmann'sche Pulver lebensfähig ist, oder gleich dem Neumeyer'schen, dem Weißpulver und so manchen anderen Leidensgefährten geräuschlos von der Bildfläche wieder verschwinden wird.

2. Das Xanthatpulver.*)

Es unterscheidet sich dieses von Prof. Dr. Schwarz erfundene Pulver dadurch von dem gewöhnlichen Schießpulver, daß dieses Schwefel und Kohle mechanisch mit einander vermengt, jenes aber chemisch mit einander vereinigt enthält.

Die einfachste derartige chemische Verbindung des Schwefels mit der Kohle ist der Schwefelkohlenstoff. Setzt man denselben zu einer Lösung von Kalihydrat in Alkohol, so scheidet sich aus der Flüssigkeit eine feste Masse in farblosen, seideglänzenden Nadeln ab. Diese Substanz heißt xanthogensaures Kali (genauer: äthyldisulfocarbonsaures Kali) und ist diejenige chemische Verbindung des Schwefels mit Kohlenstoff, welche Schwarz zu seinem Xanthatpulver angewendet hat.**)

Wollte man jedoch dieses xanthogensaure Kali mit Salpeter allein vermischen, so würde man mit der so

*) Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 226, S. 512.

**) Daß dieses xanthogensaure Kali außer Kohle, Schwefel und Kalium auch noch Sauerstoff und Wasserstoff enthält, mag hier nur angedeutet werden.

Digitized by Google

erhaltenen explosiven Mischung nur eine geringe Wirkung erzielen. Deshalb setzt man noch ein wenig Holzkohle hinzu.

Das beste Mischungsverhältniß ist: 100 Salpeter, 40 xanthogensaures Kali und 6 Holzkohle.

Zur Fabrikation des Xanthatpulvers werden die einzelnen Bestandtheile zuerst in einer Kugeltrommel jeder für sich, dann im Gemische innig zerrieben, gemengt, mit Alkohol befeuchtet, zu Kuchen gepreßt und gekörnt.

Die Fabrikation ist mit keiner Gefahr verbunden, da die Masse durch Schlag (selbst von Eisen auf Eisen) nicht explodirt.

Das Xanthatpulver muß zur Vermeidung von Zersetzung trocken aufbewahrt werden. Es läßt sich angeblich ebenso gut wie Schießpulver zum Schießen verwenden.

Ersetzt man im Xanthatpulver den Salpeter durch chlorsaures Kali, so erhält man ein äußerst kräftiges Präparat. Doch explodirt letzteres wie fast alle Chloratpulver durch einen kräftigen Schlag von Eisen auf Eisen.

Inwieweit das Xanthatpulver dem Schießpulver Concurrenz machen wird, kann umsoweniger jetzt schon vorausgesagt werden, als diese neue explosive Mischung seit dem Jahre 1877 überhaupt erst bekannt ist.*)

*) Es sei hier noch kurz erwähnt, daß Schwarz aus sulfonsauren Salzen und chlorsaurem Kali eine Reihe brisanter Mischungen dargestellt hat, und zwar: 1. aus phenolsulfonsaurem Kali mit chlorsaurem Kali, 2. aus benzolmonosulfonsaurem und benzoldisulfonsaurem und chlorsaurem Kali, 3. eine wahrhaft großartige Wirkung erzielte er mit einer Mischung von phenolsulfonsaurem Ammon und chlorsaurem Kali. Leider ist auch dieses Gemisch durch den Schlag von Eisen auf Eisen leicht entzündlich.

Digitized by Google

Sprengel's neue Explosivstoffe.*)

Dieselben haben den Vorzug, daß sie während ihrer Fabrikation und Aufbewahrung, sowie während ihres Transportes nicht explosiv sind. Es wird dies dadurch erreicht, daß man den Sauerstoffträger (also diejenige Substanz, welche dem Salpeter des Schießpulvers entspricht) getrennt von der organischen Substanz bis zu dem Augenblicke aufbewahrt, wo man sich der explosiven Mischung bedienen will.

Alle organischen Substanzen sind zwar verbrennlich, können also durch geeignete Bedingungen in Gase, die ihrer Natur nach in eingeschlossenem Raume treibende und sprengende Wirkung ausüben müssen, verwandelt werden.**) Deshalb ist aber noch lange nicht jede organische Substanz ohneweiters geeignet, Bestandtheil einer explosiven Mischung zu werden. Zu diesem Zwecke muß die betreffende organische Substanz auch fast momentan, und zwar durch die in der

---

*) „On a new class of Explosives, which are non explosive during their Manufacture, Storage and Transport." London 1873. Hieraus in „Journ. of the London Chem. Society" 1873, S. 174; „American Chemist" 1873, November 1873, S. 174; „Bullet. de la soc. chim." 1873, XX., Nr. 10, S. 257; Dingler's „Polytechn. Journ." Band 212, S. 323; „Polyt. Centralbl." 1874, S. 970; Wagner's „Jahresbericht" 1874, S. 434.

**) Auf dieser Möglichkeit, jede organische Substanz mit einem Sauerstoffträger gemischt unter geeigneten (Temperatur-)Bedingungen zu verbrennen, beruht überhaupt die Analyse der organischen Substanzen, die sogenannte Elementar-Analyse.

Digitized by Google

Sprengtechnik gebräuchlichen Zündmittel (siehe den betreffenden Abschnitt) zur Verbrennung gebracht werden können. Gerade diese momentan vor sich gehende Verbrennung macht ja das Wesen einer Explosion aus.

Sprengel hat nun gefunden, daß zahlreiche Kohlenwasserstoffe (d. h. solche organische Substanzen, welche nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind) mit Sauerstoffträgern (Salpetersäure oder chlorsaurem Kali) zusammengemengt, durch die heftige Erschütterung einer detonirenden Zündkapsel zur Explosion gebracht werden.

Löst man beispielsweise Carbolsäure in Salpetersäure auf, so erhält man eine derartige explosive Mischung. Man könnte also Carbolsäure und Salpetersäure getrennt bis zu dem Augenblicke aufbewahren, wo man die explosive Mischung aus ihnen bereiten will, sie alsdann vermischen und durch die Erschütterung einer detonirenden Zündkapsel zur Explosion bringen.

Allein man würde dabei einen Uebelstand völlig übersehen. Bei der Auflösung von Carbolsäure (Phenol) in Salpetersäure bildet sich eine sogenannte Nitroverbindung, nämlich Trinitrophenol, welches unter dem Namen Pikrinsäure bekannter ist. Es geht hierbei derselbe chemische Proceß vor sich, welcher aus Baumwolle (Cellulose) Schießbaumwolle (Nitrocellulose) und aus Glycerin Nitroglycerin entstehen läßt, falls man genannte organische Substanzen der Einwirkung von Salpetersäure aussetzt. Dieser Vorgang ist jedoch in allen drei Fällen mit einer Erwärmung der Masse verbunden. Wollte man also eine Mischung von Carbolsäure und Salpetersäure direct als explosive Mischung benutzen, so würde man Gefahr laufen, daß diese Mischung sich rasch bis zur Entzündungs-Temperatur

Digitized by Google

erwärmte und daß die Explosion eher erfolgte, als dies in unserer Absicht lag.

Deshalb verwendet Sprengel nicht die Carbolsäure direct, sondern ihr mit der Salpetersäure gebildetes Reactionsproduct, das heißt also die Pikrinsäure. Mischt man letztere mit Salpetersäure, so sinkt die Temperatur so beträchtlich, daß man diese gemengte Masse sogar als Kältemischung benutzen kann.

Das Verfahren von Sprengel besteht nun, allgemein ausgedrückt, darin, daß er aus geeigneten Kohlenwasserstoffen durch Einwirkung von Salpetersäure die Nitroverbindungen dieser Kohlenwasserstoffe darstellt und alsdann letztere, mit einem Sauerstoffträger vermengt, durch eine Zündkapsel zur Detonation bringt. Als Sauerstoffträger wendet er Salpetersäure oder chlorsaures Kali an und demgemäß theilt er seine Explosivstoffe ein in saure und neutrale.

Die neuen Sprengel'schen Explosivstoffe bilden (zugleich mit dem Pikratpulver) den Uebergang von den bisher betrachteten explosiven Mischungen zu den durch Einwirkung von Salpetersäure auf organische Verbindungen erhaltenen explosiven Stoffen (Schießbaumwolle, Nitroglycerin u. s. w.)

1. Sprengel's saure Explosivstoffe. Hierher gehören hauptsächlich zwei explosive Mischungen, und zwar 1. Nitrobenzol und Salpetersäure und 2. Pikrinsäure und Salpetersäure.

Diese Gemische werden in solchen Gewichtsverhältnissen hergestellt, daß der Theorie nach ihre gegenseitige Oxydation und Desoxydation vollständig erfolgen kann. Auf 28·08 Theile Nitrobenzol nimmt man 71·92 Theile Salpetersäure (von 1·50 specifischem Gewicht) und auf 58·3 Theile Pikrinsäure 41·7 Theile Salpetersäure. Bei der Explosion

Digitized by Google

dieser Gemische bilden sich, wie Sprengel angiebt, nur Kohlensäure, Stickstoff und Wassergas, die explosive Mischung verwandelt sich also vollständig in Gase. Es soll eben gerade nach Sprengel ein wesentlicher Vorzug seiner neuen Explosivstoffe der sein, daß sie nach der Explosion keine nutzlosen Reste hinterlassen, weder Kohle, wie die Schießbaumwolle, noch überschüssigen Sauerstoff, wie das Nitroglycerin.

Zur besseren Erläuterung des so eben Gesagten diene folgende (von Sprengel aufgestellte) Tabelle:

Elementare Zusammensetzung der Sprengel'schen Explosivstoffe, verglichen mit derjenigen von Schießbaumwolle und Nitroglycerin.

1. Nitrobenzol und Salpetersäure.

Nitrobenzol . .	= 28·08 Theile,
Salpetersäure . .	= 71·92 »
	100·00

Elementare Zusammensetzung vor der Explosion.		Muthmaßliche Zusammensetzung nach der Explosion.	
Kohlenstoff . .	= 16·44	Kohlensäure . .	= 60·27
Wasserstoff . .	= 2·28	Wassergas . .	= 20·55
Stickstoff . . .	= 19·18	Stickstoff . . .	= 19·18
Sauerstoff . .	= 62·10		100·00
	100·00		

2. Pikrinsäure und Salpetersäure.

Pikrinsäure . . .	= 58·3 Theile
Salpetersäure . .	= 41·7 »
	100·0

Digitized by Google

Elementare Zusammensetzung vor der Explosion.		Muthmaßliche Zusammensetzung nach der Explosion.	
Kohlenstoff	= 18·33	Kohlensäure	= 67·20
Wasserstoff	= 1·43	Stickstoff	= 19·97
Stickstoff	= 19·97	Wassergas	= 12·83
Sauerstoff	= 60·27		100·00
	100·00		

3. Schießbaumwolle.

Elementare Zusammensetzung vor der Explosion.		Muthmaßliche Zusammensetzung nach der Explosion.	
Kohlenstoff	= 24·24	Kohlensäure	= 55·52
Wasserstoff	= 2·36	Wassergas	= 21·24
Stickstoff	= 14·14	Stickstoff	= 14·14
Sauerstoff	= 59·26	**Kohlenstoff**	= **9·10**
	100·00		100·00

4. Nitroglycerin.

Elementare Zusammensetzung vor der Explosion.		Muthmaßliche Zusammensetzung nach der Explosion.	
Kohlenstoff	= 15·85	Kohlensäure	= 58·18
Wasserstoff	= 2·20	Wassergas	= 19·80
Stickstoff	= 18·50	Stickstoff	= 18·50
Sauerstoff	= 63·45	**Sauerstoff**	= **3·52**
	100·00		100·00

Es muß hier allerdings bemerkt werden, daß die Zersetzung der Sprengel'schen Explosivstoffe in Wirklichkeit gewiß eine complicirtere ist, das heißt, daß außer den genannten drei Gasen auch noch einige andere Zersetzungsproducte in geringer Menge sich bilden.

Zur Entzündung seiner Explosivgemische benützt

Digitized by Google

Sprengel die von Abel und Brown*) beschriebene Zündkapsel.

Dieselbe besteht aus einem conischen Metallröhrchen von der ungefähren Stärke eines Gänsekiels und von 5·6 Centimeter Länge, welches mit 0·65 Gramm Knallquecksilber gefüllt ist.

Eine solche Kapsel wird auf das Ende einer Sicherheitszündschnur, wie dieselben beim Bergbau gebräuchlich sind, aufgesteckt und das mit dieser Kapsel versehene Ende der Schnur entweder frei oder mit einem dünnen, an einem Ende geschlossenen Glasrohre von 10 Centimeter Länge umgeben, in die Mitte des zu entzündenden Gemisches eingeführt. Durch Anzünden des anderen aus der Ladung heraushängenden Endes der Zündschnur wird das Knallquecksilber zum Detoniren gebracht, wodurch seine Hülle heftig erschüttert und seine Kraftäußerung auf die in einer offenen, weitmundigen, je 20—100 Gramm enthaltenden Glasflasche befindliche Explosivladung übertragen wird.

Durch Vermehrung oder Verminderung des nitrirten Kohlenwasserstoffs (Nitrobenzol oder Pikrinsäure) sind wir im Stande — ähnlich wie beim Schießpulver durch Vermehrung oder Verminderung der Holzkohle — in den Zersetzungsgasen entweder Kohlenoxyd oder Kohlensäure, oder ein Gemenge von diesen beiden Gasen, mit einem Worte mehr Gas und weniger Wärme, oder aber weniger Gas und mehr Wärme zu erzeugen.

Das in den oben angegebenen Gewichtsverhältnissen bereitete Gemisch von Nitrobenzol mit Salpetersäure explodirt mittelst eines Detonationszünders, entzündet mit intensiver

*) F. A. Abel's und E. O. Brown's englisches Patent vom 10. October 1868, Nr. 3115.

Digitized by Google

Heftigkeit. Beim Vermischen des Nitrobenzols mit der Salpetersäure tritt anfangs Erwärmung der Flüssigkeit ein, deshalb muß man bei der Fabrikation in größerem Maßstabe Kühlvorrichtungen anwenden.

Mit Infusorienerde versetzt und innig gemengt, verbrennt das Gemisch mit einer blassen Flamme (wie etwa Dynamit, doch weniger lebhaft).

Gleiche Mengen (je 35 Gramm) von dem Nitrobenzolgemisch, von Schießbaumwolle und von Nitroglycerin wurden auf 7·6 Cm. starken Fichtenbrettern zum Explodiren gebracht und riefen in allen drei Fällen fast ganz gleiche Wirkungen hervor. Das Holz wurde durchgeschlagen und zersplittert.

Es ist sehr zu bedauern, daß bis jetzt noch keine exacte Methode zur Vergleichung der Kraft detonirender Explosivstoffe existirt. Sprengel hat sich, um die explosive Kraft seines sauren Nitrobenzolgemisches mit der des Nitroglycerins zu vergleichen, damit beholfen, daß er die bei der Verbrennung des explosiven Gemisches verbrauchte Sauerstoffmenge als Maßstab für diese Kraft annahm. Im Nitrobenzolgemisch sind nun 52·97 Percent und im Nitroglycerin 42·3 Percent Sauerstoff für die Verbrennung verfügbar. Hiervon gehen beim Nitroglycerin jene 3·52 Percent Sauerstoff, welche im freien Zustande in den Explosionsgasen dieses Sprengstoffes auftreten (siehe obige Tabelle), ab. Demnach verbleiben für das Nitrobenzolgemisch 52·97 Percent und für das Nitroglycerin 38·78 Percent verfügbaren und bei der Explosion verbrauchten Sauerstoffes.

Es würde sich also dieser Rechnung zufolge die Kraft des Nitrobenzolgemisches zu der des Nitroglycerins verhalten wie 52·97 : 38·78 oder wie 136·6 : 100.

Digitized by Google

Es braucht nicht erst gesagt zu werden, daß diese Berechnung durchaus nicht sehr genau sein kann. Jedoch dürfte doch so viel feststehen, daß diese sauren Explosivgemische eine ganz bedeutende explosive Kraft besitzen.

Ob diese Präparate, wenn sie mit einander gemischt, längere Zeit aufbewahrt werden, an Wirksamkeit verlieren, ist nicht beobachtet worden. Es ist dies auch ganz gleichgiltig, da sie ja gar nicht zusammen, sondern getrennt von einander aufbewahrt werden sollen.

Durch Zusatz einer geringen Menge von Wasser scheint die Explodirbarkeit der Sprengel'schen Sprengstoffe zerstört zu werden.

Als ein Nachtheil der sauren Explosivstoffe ist zu bezeichnen, daß sie hygroskopisch (Feuchtigkeit anziehend), sowie wegen der ätzenden Eigenschaften der Salpetersäure schwer zu handhaben sind.

2. Sprengel's neutrale Explosivstoffe. Es sind dies ähnliche Mischungen wie die vorigen, nur daß sie statt Salpetersäure chlorsaures Kali als Sauerstoffträger enthalten. Das chlorsaure Kali giebt beim Vermengen mit beinahe allen organischen Substanzen explosive Mischungen. Jedoch ist das Mengen von festen organischen Substanzen mit chlorsaurem Kali eine sehr gefahrvolle Operation. Deshalb wendet Sprengel, um Reibung zu vermeiden, nur Flüssigkeiten an (wie Benzol) oder solche feste Substanzen, welche leicht zu einer Flüssigkeit schmelzen (wie Carbolsäure). Diese Flüssigkeiten, respective geschmolzenen festen Substanzen werden mit porösen Kuchen oder Stücken von chlorsaurem Kali in Berührung gebracht, wobei sie von letzterem ruhig und gefahrlos absorbirt werden. Diese Kuchenwürfel von chlorsaurem Kali erhält man durch

Digitized by Google

Pressen des mit Wasser angefeuchteten Salzpulvers. Nach dem Trocknen besitzen sie die Cohärenz des Hutzuckers.

Als nun Sprengel auf derartige mit Kohlenwasserstoffen gesättigte Kuchen von chlorsaurem Kali die Detonation von 0·65 Gramm Knallquecksilber einwirken ließ, trat keine Explosion ein. Letztere erfolgte erst dann, wenn die dem Salzkuchen einverleibte Flüssigkeit eine gewisse Menge von Schwefel oder einer Nitroverbindung enthielt. So z. B. explodirten sie sehr heftig bei einem Zusatz von Schwefelkohlenstoff, Nitrobenzol, $^1/_2$ Benzol und $^1/_2$ Schwefelkohlenstoff, $^3/_4$ Petroleum und $^1/_4$ Schwefelkohlenstoff sowie von mit Schwefel gesättigtem Benzol oder Petroleum.

Solche Gemenge in Granitbrüchen (bei Tagebauten) zum Sprengen verwendet, erwiesen sich ungefähr viermal so wirksam wie gleiche Gewichtsmengen gewöhnlichen Sprengpulvers (Schwarzpulvers).

Die neuen Sprengel'schen Explosivstoffe (besonders die sauren) haben den Uebelstand, daß es schwierig ist, ein geeignetes Material für die Patronen zu finden. Wir haben nur die Wahl zwischen Glas, Steinzeug und Eisen. Andere Materialien sind wegen der Beschaffenheit und der ätzenden Wirkung der benutzten Flüssigkeiten ausgeschlossen. Papierpatronen ließen sich vielleicht dann anwenden, wenn man diese Explosivstoffe nach Art des Dynamits mit Kieselguhr tränkte.

Ob die Vortheile der Sprengel'schen Explosivkörper größer sind als ihre Nachtheile, bleibt abzuwarten. Jedenfalls stellen sie sich in Bezug auf Billigkeit, Wirkung, Sicherheit und Zuverlässigkeit vortheilhaft vielen anderen, gegenwärtig angewendeten Explosivstoffen gegenüber. Wir lassen schließlich noch Sprengel's eigenes Urtheil über seine Explosivstoffe folgen. »Man hat zu berücksichtigen,

Digitized by Google

daß $^9/_{10}$ sämmtlicher explosiven Stoffe (einschließlich des gewöhnlichen Schwarzpulvers) zu Sprengzwecken Verwendung finden und daß die werthvollen Eigenschaften des gemeinen Schießpulvers als forttreibendes Mittel für bergmännische Arbeiten nicht erforderlich sind. Hier bedürfen wir (mit wenigen Ausnahmen) der stärksten und zugleich billigsten Kraft. Darauf gründet sich mein Glaube an eine Zukunft meiner Explosivkörper. Salpetersäure wird und muß stets billiger sein als Nitroverbindungen und die in der Chlor-Fabrikation in letzter Zeit gemachten Fortschritte lassen eine Erniedrigung der Preise für chlorsaures Kali erhoffen.«

Die Pikratpulver.*)

Den Ausgangspunkt für die Fabrikation der Pikratpulver bildet die Pikrinsäure (Trinitrophenol). Dieselbe wird erhalten durch Einwirkung von Salpetersäure auf Carbolsäure (Phenol) oder besser noch auf sulfophenolsaures Natrium.

Die Pikrinsäure krystallisirt in gelben Blättchen, die sich schwer in kaltem, leicht in heißem Wasser und Alkohol lösen. Sie schmilzt bei 117 Grad und verpufft beim raschen Erhitzen.

Von den Salzen der Pikrinsäure haben wir uns zwei zu merken: 1. Das pikrinsaure Kali. Dasselbe ist in heißem Wasser leicht löslich und krystallisirt aus demselben in gold-

*) Allgemeines in: „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer. Braunschweig 1874, Abtheilung II, S. 49; R. v. Wagner's „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 202.

Digitized by Google

gelben Nadeln. Es ist ein äußerst explosiver Stoff. Bei vorsichtigem Erhitzen auf 310 Grad detonirt es heftig, ebenso durch einen starken Hammerschlag. 2. Das pikrinsaure Ammoniak. Dasselbe detonirt ebenfalls, wenn es auf 310 Grad erhitzt wird. Im Uebrigen aber ist es weniger explosiv als das pikrinsaure Kali und scheint auch durch Stoß oder Schlag nicht entzündlich zu sein.

Die Pikrinsäure ebensowohl als ihre beiden genannten Salze werden zu Schieß- und Sprengpulvern angewendet. In Frankreich werden jährlich 80- bis 100.000 Kilogr. Pikrinsäure fabricirt, welche theils zum Färben, theils zur Bereitung von Pikratpulvern verwendet wird.

In England, Deutschland und Frankreich verwendet man seit einigen Jahren das pikrinsaure Kali zum Füllen der zur Zerstörung der Panzerplatten der Kriegsschiffe bestimmten Bomben. 1 Kilogr. pikrinsaures Kali giebt bei der Verbrennung 585 Liter Gas (1 Kilogr. Schießpulver giebt nur etwa 200 Liter Gas), ein Gemisch von 0·5 Kilogr. pikrinsaurem Kali und 0·5 Kilogr. Salpeter erzeugt 337 Liter Gas und ein Gemisch von 0·5 Kilogr. pikrinsaurem Kali und 0·5 Kilogr. chlorsaurem Kali 352 Liter.

Wir führen nun die verschiedenen explosiven Mischungen an, welche Pikrinsäure oder eines der genannten beiden pikrinsauren Salze enthalten.

Borlinetto's Sprengpulver.*) Dasselbe besteht aus 10 Pikrinsäure, 10 Natronsalpeter und 8·5 chromsaurem Kali. Diese Mischung soll durch Reibung und Stoß nicht explodiren.

Designolle's Pulver**) wird bereits in großem

*) Wagner's Jahresbericht 1867, S. 244.

**) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 192, S. 67.

Digitized by Google

Maßstabe zu Le Bouchet in Frankreich fabricirt, wie denn überhaupt in letzterem Lande die Pikratpulver bis jetzt wohl die meiste Berücksichtigung gefunden haben. In genannter Pulverfabrik stellt man vier Sorten Pikratpulver her, eine für Handfeuerwaffen, zwei für Geschütze und eine für Sprenggeschosse, respective Torpedos. Das Gewehr-Pikratpulver enthält bis zu 20 Percent pikrinsaures Kali, das Geschützpulver zwischen 8 und 15 Percent. Das Pikratpulver zu Sprengzwecken enthält neben Kalisalpeter nur pikrinsaures Kali bis zu 90 Percent, das für Schießzwecke außerdem Kohle.

Die Fabrikation des Pikratpulvers geschieht in Le Bouchet auf folgende Weise: Die genannten Bestandtheile werden mit 6—14 Percent Wasser befeuchtet und in Stampfmühlen 3—6 Stunden lang zerkleinert und gemischt, der Satz sodann mit einer hydraulischen Presse verdichtet, gekörnt, durch Siebe sortirt, endlich polirt und getrocknet.

Das pikrinsaure Kali verwandelt sich bei der Verpuffung im geschlossenen Raume wahrscheinlich in folgende Bestandtheile: Stickstoff, Kohlenoxydgas, Wassergas, kohlensaures Kali und Kohle (nach Anderen in: Stickstoff, Kohlensäure, Wasserstoff, Wassergas, kohlensaures Kali und Kohle).

Vorzüge des Designolle'schen Pikratpulvers sind, daß sich weniger Pulverrauch bildet und daß derselbe unschädlich ist, sowie daß die Verbrennungs-Producte nicht das Metall angreifen, da Schwefel fehlt.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß das Designolle'sche Pulver oder andere Pikratpulver dazu berufen sind, in der Zukunft eine große Rolle zu spielen. Designolle's von Anfang an gehegte Idee ist, ein Schießpulver herzustellen, welches sich von dem schwarzen Schießpulver nur dadurch unterscheidet, daß es statt des Salpeters pikrin-

Digitized by Google

saures Kali enthält, sonst aber alle Vorzüge des Schwarzpulvers in erhöhtem Maße in sich vereinigt.

Angeblich sind 60 Gramm des Designolle'schen Pulvers in ihrer Wirkung 350 Gramm Schwarzpulver gleich. Trotz des höheren ballistischen Werthes soll das Geschützpulver weniger den Rohren zumuthen, also weniger brisant sein als Schießpulver.

Die Pikrat-Sprengpulver Designolle's sind in der französischen Marine zur Ladung von Torpedos und Hohlgeschossen eingeführt.

Brugère's Pikratpulver*) besteht aus 54 pikrinsaurem Ammoniak und 46 Kalisalpeter. Obwohl dieses Pulver, auf 310 Grad erhitzt, nur mit der halben Geschwindigkeit des Schießpulvers abbrennt, soll es zwei- bis dreimal kräftiger wirken als dieses. Weitere Vorzüge: geringer, nur aus kohlensaurem Kali bestehender, den Metallen nicht schädlicher Rückstand und wenig Pulverrauch, der ohne Geruch ist.

1 Kilogr. dieses Pulvers liefert 480 Liter Gase. In einem Chassepotgewehr leisteten 2·6 Gramm Ladung dasselbe wie die vorschriftsmäßigen 5·5 Gramm Schießpulver.

Der Preis dieses neuen Pulvers ist jedoch vorläufig noch ziemlich hoch.

Abel, Chemiker des englischen Kriegsdepartements und auf dem Gebiete der explosiven Stoffe eine Autorität ersten Ranges, hat das Brugère'sche Pulver als Sprengladung von Bomben empfohlen. Im Allgemeinen jedoch haben die Pikratpulver trotz ihrer großen Vorzüge in England noch wenig Eingang gefunden.

*) „Compt. rend.", Band 69, S. 716.

Digitized by Google

Die durch Einwirkung concentrirter Salpetersäure auf organische Substanzen entstehenden explosiven Stoffe.

Sehr viele organische Substanzen zeigen bei chemischer Einwirkung von starker Salpetersäure ein gemeinschaftliches, sehr charakteristisches Verhalten. Ein Theil der Salpetersäure wird chemisch von der organischen Substanz aufgenommen, während gleichzeitig der Rest der Salpetersäure mit einem Theil des Wasserstoffes der organischen Substanz Wasser bildet.

Jenen Theil der Salpetersäure, welcher der organischen Substanz einverleibt wird, heißt man die Nitrogruppe. Von letzterem Namen bezeichnet man auch die ganze chemische Operation als ein Nitriren, oder eine Nitrificirung und das entstandene neue Product als eine Nitroverbindung.

Wir haben bereits in der Pikrinsäure (Trinitrophenol) eine solche Nitroverbindung kennen gelernt. Die von uns nunmehr hier zu besprechenden Nitroverbindungen sind die Schießbaumwolle (Nitrocellulose), das Nitroglycerin (und die Nitroglycerin-Präparate, Dynamit, Lithofracteur, Dualin u. s. w.), sowie das Knallquecksilber.*)

*) Ganz strenge genommen, ist von den oben genannten Explosivstoffen nur das Knallquecksilber eine Nitroverbindung, während Schießbaumwolle sowohl wie Nitroglycerin Aether der Salpetersäure sind. Indessen haben wir hier absichtlich nicht auf derartige feine Unterschiede, die nur von dem chemischen Fachmanne verstanden werden können, uns eingelassen.

Digitized by Google

Die Schießbaumwolle.

Geschichtliches.*) Im Jahre 1833 erhielt Braconnot**) durch Auflösen von Stärke oder Papier in concentrirter Salpetersäure und nachherigem Zusatz von Wasser eine aus der Flüssigkeit sich ausscheidende weiße, pulverige Substanz, welche mit einer Flamme in Berührung gebracht, schwach verpuffte.

Pelouze***) beobachtete zuerst, daß hierbei die Stärke an Gewicht zunehme. Er hielt die neue Verbindung für ein salpetersaures Salz, gewissermaßen für »salpetersaure« Stärke«. Pelouze bemerkte ferner, daß schon das Eintauchen von Papier, Leinwand und Baumwollenzeug in Salpetersäure von 1·5 specifischem Gewicht dieselben leicht verbrennlich mache.

1846 kündigte Schönbein in Basel die Entdeckung eines neuen Explosivstoffes an, der das Schießpulver in seiner Explosionswirkung um das Vierfache übertreffe und

*) Allgemeines in Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann u. Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 1087; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, Abtheilung II, S. 16; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 230, S. 45.

**) „Annales de Chimie et de Physique", Band 52, S. 290; Poggendorff's „Annalen", Band 29, S. 176; Berzelius, Jahresbericht, Band 14, S. 325.

***) „Comptes rendus", Band 7, S. 713; „Journal für praktische Chemie", Band 16, S. 168

Digitized by Google

sich als Ersatz desselben, sowie zum Sprengen vortrefflich eigne. Der neue explosive Körper hinterlasse beim Verbrennen weder Rückstand noch Rauch.

Fast um dieselbe Zeit (August 1846) gelang es auch Böttger in Frankfurt, eine »explosive Baumwolle« herzustellen. Er vereinigte sich mit Schönbein, um mit ihm gemeinschaftlich die Erfindung praktisch zu verwerthen. Sie boten in demselben Jahre noch ihr geheim gehaltenes Verfahren zur Darstellung der Schießbaumwolle dem Deutschen Bunde an, der ihnen eine Nationalbelohnung für den Fall zusicherte, daß die Schießwolle sich nicht nur geeignet erweise, das Schießpulver für Feuerwaffen zu ersetzen, sondern daß es auch noch wesentliche Vorzüge vor diesem besäße.

Inzwischen war es Otto in Braunschweig gelungen, vollkommen unabhängig von Schönbein und Böttger, lediglich auf die Beobachtungen von Pelouze fußend, gleichfalls die Schießbaumwolle darzustellen. Er machte bekannt,*) daß es ihm geglückt sei, durch etwa eine halbe Minute lang dauerndes Eintauchen von gereinigter Baumwolle in höchst concentrirte Salpetersäure, darauf folgendes sorgfältiges Auswaschen und Trocknen, ein explosives Präparat von den Eigenschaften der Schönbein'schen Schießbaumwolle zu erhalten.

War auch die Otto'sche Schießbaumwolle an Qualität insoferne geringer als die Schönbein'sche, da bei der Bereitung der ersteren nur Salpetersäure (nicht das Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure) angewendet worden war, so gab diese Bekanntmachung Otto's doch den Anstoß, daß sofort zahlreiche Fachmänner und Nichtfachmänner sich auf die Herstellung der Schießbaumwolle verlegten. Fast

*) In der „Augsburger Allgemeinen Zeitung" vom 5. October 1846.

Digitized by Google

gleichzeitig fanden Knop in Leipzig, sowie Heeren und Karmarsch in Hannover die vortheilhafteste Bereitungsart der Schießwolle durch Anwendung eines Gemisches von Salpetersäure und Schwefelsäure (welches übrigens schon Schönbein und Böttger bei ihrem geheim gehaltenen Verfahren angewendet hatten).

Die Veröffentlichung aller dieser verschiedenen Herstellungsarten der Schießwolle in den wissenschaftlichen Zeitschriften, sowie in der Tagespresse, hatte eine gewaltige Erregung der Gemüther bewirkt. »Sechs Wochen lang,« so bemerkt humoristisch ein damaliger Zeitgenosse,*) »athmeten die Blätter nur Schießbaumwolle und der Verbrauch an Salpetersäure war kolossal.«

Der Deutsche Bund ernannte eine Commission in Mainz zur Prüfung der Schießbaumwolle in Bezug auf ihre Verwendung für Feuerwaffen. Die Ereignisse des Jahres 1848 unterbrachen die Arbeiten der Commission; letztere wurden jedoch später wieder aufgenommen und lieferten ein im Ganzen günstiges Resultat. Jedoch konnte sich der Deutsche Bund aus gewohnter Uneinigkeit nicht entschließen, für die vorgeschlagene Summe von 40.000 Gulden das Schönbein-Böttger'sche Verfahren zu erwerben.

Inzwischen hatte man auch in anderen Ländern (Frankreich, Rußland und England) versucht, die Schießbaumwolle statt des Schießpulvers einzuführen. Jedoch waren die Methoden der Fabrikation der Schießwolle damals noch viel zu unvollkommen, als daß man befriedigende Resultate hätte erhalten können. Da man auf die Reinheit der Baumwolle und Salpetersäure, sowie auf die völlige Entsäuerung der

**) Marchand im „Journal für praktische Chemie" 1847, Band 40, S. 193.

Digitized by Google

Schießbaumwolle keinen großen Werth legte, war auch das erhaltene Product nicht haltbar, sondern unterlag mit der Zeit der freiwilligen Zersetzung. Solche schlecht bereitete Schießbaumwolle war auch die Ursache von mehreren im Jahre 1848 in England und Frankreich vorgekommenen furchtbaren Explosionen. Letztere, sowie die alles Interesse in Anspruch nehmenden politischen Ereignisse des Jahres 1848 trugen die Schuld, daß allmälich die Schießbaumwollfrage wieder von der Tagesordnung verschwand.

Da gelang es dem damaligen Hauptmann von Lenk durch fortgesetzte unermüdliche Anstrengungen, eine Schießwolle herzustellen, welche sich durch Haltbarkeit und gleichmäßige Wirkung vor der bisher benutzten auszeichnete. Versuche, welche in den Jahren 1849 bis 1852 angestellt wurden, befestigten das günstige Urtheil über die Lenk'sche Schießbaumwolle, und so kam im Jahre 1853 zwischen der österreichischen Regierung und Schönbein-Böttger ein Vertrag zu Stande, in welchem diese ihre Erfindung, angeblich gegen 30.000 Gulden, abtraten.

Nunmehr wurde in demselben Jahre noch (1853) zu Hirtenberg bei Wien unter Lenk's Leitung die erste nach rationellen Methoden arbeitende Schießwollfabrik eingerichtet. Oesterreich führte die Lenk'sche Schießbaumwolle bei seinen Genietruppen als Sprengpräparat und bei seiner Artillerie zur Füllung von Hohlgeschossen ein.

Bis 1862 war das Lenk'sche Verfahren Geheimniß. In diesem Jahre jedoch theilte von Lenk sein Verfahren der französischen und englischen Regierung mit; 1864 ließ er es sich für Amerika patentiren.

In England wurde zu Stowmarket eine Schießwollfabrik eingerichtet, die nach dem von Abel verbesserten Lenk'schen Verfahren gegenwärtig noch arbeitet.

Digitized by Google

In Frankreich entstand zu Le Bouchet bei Paris eine Schießwollfabrik, deren Betrieb aber bald wieder eingestellt wurde, nachdem man gefunden hatte, daß die Schießbaumwolle eine zerstörende Wirkung auf die Feuerwaffen ausübe.

Aus demselben Grunde schaffte man zu Anfang der Sechziger-Jahre in Oesterreich die »Schießwollbatterien«*) wieder ab und beschränkte den Gebrauch der Schießwolle zur Füllung von Hohlgeschossen (auch Torpedos) und zu Sprengzwecken.

Im Jahre 1865 wurde die Schießbaumwolle für Oesterreich officiell abgeschafft, und zwar wahrscheinlich wegen zweier 1862 und 1865 stattgefundener Explosionen von Magazinen, deren Ursache nicht zu ermitteln war.

Mit Einführung des Nitroglycerins und des Dynamits erwuchs der Schießbaumwolle ein überlegener Concurrent auf dem Gebiete der Sprengtechnik.

Neuerdings ist besonders Abel, der Chemiker des englischen Kriegsdepartements, sehr eifrig für die Benutzung der Schießwolle zu Militärzwecken eingetreten. Seine großen Verbesserungen in der Fabrikation derselben, namentlich aber die von ihm erfundene comprimirte Schießbaumwolle berechtigten zu der Annahme, daß in nicht ferner Zeit die Schießwolle ausgedehnte Anwendung in der Militärtechnik finden werde. Auch als Sprengstoff verdient sie sicherlich Beachtung, wenn auch die Dynamite und namentlich in neuester Zeit die Spreng-Gelatine den Gebrauch der Schießwolle zu Sprengzwecken auf ein Minimum reducirt haben.

Die Fabrikation der Schießbaumwolle ist gegenwärtig, wo die anderen Länder meist dieselbe wieder eingestellt haben,

*) Vergleiche A. Rutzky und von Grahl: „Das gezogene Schießwoll-Feld- und Gebirgsgeschütz". Wien 1862.

Digitized by Google

in England (in der Patent Safety Guncotton factory zu Stowmarket) zu einem sehr hohen Grad der Vervollkommnung gelangt. — In Deutschland wird neuerdings zu Krupp's Mühle in Schlesien Schießbaumwolle fabricirt.

Fabrikation der Schießbaumwolle.*) Man unterscheidet gewöhnliche (flockige) und comprimirte Schießbaumwolle. Wir besprechen hier zunächst die Herstellung der gewöhnlichen Schießbaumwolle.

Bei der Fabrikation der Schießbaumwolle ist vor Allem Gewicht auf die Reinheit der Rohmaterialien zu legen. Denn die Qualität des erhaltenen Productes hängt wesentlich von dem Grade der Reinheit der angewendeten Baumwolle und der Salpetersäure ab. Je reiner die Rohmaterialien sind, desto weniger Gefahr einer Explosion der Schießbaumwolle während ihrer Fabrikation, Aufbewahrung und ihres Transportes, destoweniger auch die Gefahr einer freiwilligen Zersetzung derselben. Erst in allerneuester Zeit hat man dieses für die explosiven Stoffe allgemein giltige Gesetz, daß mit der Reinheit der Rohmaterialien auch die Gefahrlosigkeit des erhaltenen Explosivstoffes steigt, richtig in seinem ganzen Umfange zu würdigen gewußt. Das Mowbray'sche Verfahren der Nitroglycerin-Fabrikation und die relativ große Gefahrlosigkeit, welche das Mowbray'sche Nitroglycerin in seiner Handhabung bietet, ist ein für die Giltigkeit dieses Gesetzes deutlich sprechender Beweis. Einen ebenso gewichtigen Beweis für dieses Gesetz bietet aber auch das Lenk-Abel'sche Verfahren der Schießwoll-Fabrikation, wie es gegenwärtig

*) Eine ausführliche Beschreibung der Entwickelung und des gegenwärtigen Standes der Fabrikation der Schießbaumwolle liefert Mackie im „American Chemist" 1874, Band 4, Nr. 8, S. 298–307 (im Auszuge in „Bullet. de la soc. chim." 1874, XXII, Nr. 3, S. 140).

Digitized by Google

zu Stowmarket zur Anwendung gelangt. In beiden Fällen ist das Gefahrvolle der Fabrikation auf ein Minimum beschränkt.

Von großer Wichtigkeit ist die möglichst vollständige Reinheit der Baumwolle. Die beliebteste Sorte Baumwolle ist unter der Bezeichnung »Sea Island« bekannt und wird benutzt, nachdem sie in den Spinnereien von den mechanischen Verunreinigungen, wie Staub, Samenkapseln 2c., befreit und zu einer lockern Masse durch Krempeln gekämmt oder auch lose gezwirnt worden ist.

Eine weitere Reinigung der Baumwolle vor ihrer Verwendung besteht darin, daß man sie zur Entfernung des Fettes mit warmer, verdünnter Soda- oder Natronlösung behandelt und dann sorgfältig mit Wasser auswäscht. Noch vollständiger wird die Reinigung, wenn man nach dieser Operation die Baumwolle mit warmer, verdünnter Salpetersäure behandelt, dann wieder vollständig mit Wasser auswäscht und schließlich bei 100—115 Grad trocknet.

Die angewendete Salpetersäure hat ein specifisches Gewicht von 1·45—1·50. Sie muß ebenfalls möglichst rein, namentlich chlorfrei sein, weil eine chlorhaltige Säure eine geringere Ausbeute an Schießbaumwolle bewirkt.

Von großer Wichtigkeit ist es auch, daß die Salpetersäure möglichst stark sei. Da bei der Bildung der Schießbaumwolle aus Baumwolle und Salpetersäure gleichzeitig durch die vor sich gehende chemische Umsetzung reichliche Mengen von Wasser entstehen, so würde man, falls man Salpetersäure allein anwenden wollte, bald eine so mit Wasser verdünnte Säure erhalten, daß letztere überhaupt nicht mehr im Stande wäre, explosive Schießbaumwolle zu erzeugen. Wir würden statt dessen die nur wenig explosive Collodiumwolle erhalten.

Aus diesem Grunde haben schon Schönbein und

Digitized by Google

Böttger ein Gemisch von Salpetersäure mit Schwefelsäure angewendet. Letztere ist bekanntlich eine äußerst begierig Wasser aufnehmende Säure, welche demnach das bei der Darstellung der Schießbaumwolle als Nebenproduct sich bildende Wasser im Augenblicke seines Entstehens bindet. Auf diese Weise bleibt die Salpetersäure während der Dauer des Processes ziemlich in ihrem Concentrationszustande erhalten. Daß natürlich trotz Zusatzes der Schwefelsäure die Salpetersäure dennoch etwas Wasser aufnehmen, also schwächer in ihrer Wirkung werden wird, ist selbstverständlich. Mehr als zweimal läßt sich deshalb auch das Säuregemisch nicht zur Fabrikation von Schießbaumwolle benutzen.

Die angewendete englische Schwefelsäure hat ein specifisches Gewicht von 1·85.

Eine Erwärmung des Säuregemisches ist zu vermeiden, weil sonst in Folge einer weitergehenden Zersetzung die schon gebildete Schießbaumwolle weiter oxydirt wird. Es bilden sich dann ähnliche Producte, wie sie bei der zuweilen vorkommenden freiwilligen Zersetzung der Schießwolle bei langjährigem Lagern sich bilden. Das entstehende Product ist alsdann nicht explosiv.

Die gebildete Schießbaumwolle muß auf das sorgfältigste von der ihr noch anhaftenden Säure durch Auswaschen befreit werden. Bleibt noch Säure in der Schießbaumwolle zurück, so ist letztere weit eher zu plötzlichen freiwilligen Explosionen oder Zersetzungen geneigt. Früher hatte man diesen wichtigen Punkt oft sehr vernachlässigt. Das Auffliegen einer Reihe von Schießwollfabriken war die Folge davon.

Das Trocknen der völlig ausgewaschenen Schießbaumwolle ist gegenwärtig der gefahrvollste Theil der ganzen Fabrikation; es muß mit allergrößter Vorsicht geschehen und darf die Temperatur hierbei nicht über 50—60 Grad steigen.

Digitized by Google

Die erzielte Ausbeute beträgt im regelmäßigen Fabrikbetrieb 155—175 Theile Schießbaumwolle aus 100 Theilen Baumwolle. Der Theorie nach sollte man etwa 185 Theile erhalten.

Wir besprechen nunmehr die Fabrikation der Schießbaumwolle mit den verschiedenen Abänderungen und Verbesserungen, welche sie im Laufe der Zeit erfahren hat.

Das zuerst bekannt gewordene Verfahren ist, wie bereits erwähnt, das von Otto in der »Augsburger Allgemeinen Zeitung« vom 5. October 1846 veröffentlichte. Er tauchte die Baumwolle eine halbe Minute lang in concentrirte Salpetersäure, welche aus 10 Theilen Kalisalpeter und 6 Theilen englischer Schwefelsäure erhalten wurde. Dann wurde das Product gut gewaschen. Da Otto Salpetersäure allein, ohne Zusatz von Schwefelsäure anwendete, war seine Schießbaumwolle von nicht sehr guter Qualität und namentlich stark verfilzt. Sie mußte deshalb nach beendetem Waschen noch auseinander gezupft werden.

Das Säuregemisch wurde zuerst von Schönbein angewendet, und zwar in dem Verhältniß von 3 Gewichtstheilen Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·85) und 1 Gewichtstheil Salpetersäure (vom specifischen Gewichte 1·45 bis 1·5), entsprechend 1 Volum Salpetersäure auf 2·3 Volumina Schwefelsäure. Auf 1 Theil Baumwolle nahm er 20—30 Theile des Säuregemisches. Nachdem letzteres bei einer Temperatur von 10—15 Grad eine Stunde lang eingewirkt hatte, wurde es abgegossen und die entstandene Schießbaumwolle zuerst mit reinem Wasser, dann mit verdünnter Potaschelösung und endlich wieder mit Wasser ausgewaschen. Da die Schießbaumwolle bei ihrer Verbrennung eine geringe Menge Kohlenstoff unverbrannt zurückläßt, so tränkte Schönbein zur Oxydation dieses Kohlenstoffes die ausgepreßte, noch

Digitized by Google

feuchte Schießbaumwolle mit einer 0·6percentigen Lösung von Kalisalpeter. Schließlich wurde das Präparat bei 65 Grad getrocknet.

Karmarsch und Heeren und ebenso Knopp*) lassen die Baumwolle 4—5 Minuten lang in einer Mischung von 2 Theilen englischer Schwefelsäure und 1 Theil rauchender Salpetersäure liegen.

Walter Crum**) wendet gekämmte, durch Kochen in verdünnter Natronlauge und Eintauchen in Chlorkalklösung gebleichte Baumwolle an, taucht sie in schwache Salpetersäure, wäscht sie gut aus und läßt sie durch Dampf trocknen. Die getrocknete Baumwolle kommt noch warm in ein Gemisch von 1 Volum Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·84) und 3 Volumen Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·517). Auf 1 Theil Baumwolle wendet er 48 Theile dieses Gemisches an. Nach einer Stunde nimmt er die gebildete Schießbaumwolle heraus und trocknet sie nach sorgfältigem Waschen an freier Luft. Aus 100 Theilen Baumwolle erhielt er 178 Theile Schießwolle.

Zu Le Bouchet***) wurde die Schießwolle auf folgende Weise gewonnen. Je 200 Gramm Baumwolle wurden in 2 Liter eines Gemisches von 1 Raumtheil concentrirter Salpetersäure und 2 Raumtheilen concentrirter Schwefelsäure eingetaucht und darin eine Stunde lang gelassen. Dann wurde die Baumwolle herausgenommen und abgepreßt, wobei $^7/_{10}$ des Säuregemisches wieder gewonnen wurden, hierauf 1—$1^1/_2$ Stunde in fließendem Wasser gewaschen, stark ausgepreßt, wieder 24 Stunden in Holzaschenlauge liegen gelassen,

*) „Compt. rend.“, Band 23, S. 808.

**) „Journal für praktische Chemie“, Band 41, S. 201.

***) R. von Wagner's Jahresbericht 1864, S. 234—243 und „Compt. rend.“, Band 59, S. 363.

Digitized by Google

hinterher in fließendem Wasser gut ausgewaschen, dann gepreßt und die ausgepreßte Schießwolle auf einem weit gewobenen Leintuche, durch welches mittelst eines Ventilators auf 60 Grad erwärmte Luft getrieben wurde, getrocknet. Die Ausbeute betrug durchschnittlich 165 Schießbaumwolle aus 100 trockener Baumwolle.

Man hat dieses starke Auspressen der noch mit Säure imprägnirten Schießbaumwolle mißbilligt, weil das spätere Auswaschen dadurch bedeutend erschwert werden solle. Bei dem Lenk'schen Verfahren, welches wir nunmehr zu besprechen haben, ist starkes Auspressen überhaupt vermieden.

v. Lenk, nach dessen Methode,*) wie schon erwähnt, noch jetzt in England die Schießwolle fabricirt wird, hatte besonderes Gewicht auf die möglichste Reinheit der Baumwolle und auf die möglichst vollständige Entsäuerung der Schießbaumwolle gelegt. Nach seinem Verfahren arbeiteten bis zum Jahre 1865 zwei Fabriken in Oesterreich, die zu Hirtenberg bei Wien und die von Reny in Wien.

Die Einzelheiten des Verfahrens waren folgende:

Die zu loſe gezwirntem Garn von verschiedenen Dimensionen versponnene und in Stränge von 85 Gramm gefaßte Baumwolle wird an Häkchen in eine siedende Potaschelösung von 1·02 specifischem Gewicht gehängt, um von den Fettstoffen befreit zu werden. Nachdem die Baumwolle 2 bis 3 Minuten lang in der siedenden Lösung verweilte, wird die Potaschelösung aus den Strängen mittels einer Centrifugal-Trocknungsmaschine (Hydro-Extracteur) möglichst entfernt. Sodann wird die Baumwolle in Körben aus Zinkblech durch Hin- und Her-

*) Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 178, S. 145; „Jahresber." 1863, S. 310; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, Abth. II, S. 21.

Digitized by Google

schwenken mit Wasser gewaschen, nochmals ausgeschleudert und schließlich scharf getrocknet.

Die Säuremischung wird auf die Weise bereitet, daß die Salpetersäure von mindestens 1·48 bis 1·49 specifischem Gewicht (bei 14 Grad R.) und die Schwefelsäure von 1·835 specifischem Gewicht in dünnem Strahl aus Ablaßhähnen in einem Steingutgefäß zusammenfließen und gemischt werden, und zwar im Verhältniß von 1 : 3 dem Gewichte nach. Das Gemisch wird erst nach Abkühlung angewendet.

Je zwei der präparirten Stränge werden mit dem 300fachen Gewicht des Säuregemisches, welches sich in einem gußeisernen wannenartigen Tauchapparat befindet, in innige Berührung gebracht dadurch, daß dieselben mit einer Schaufel bewegt und gelinde gedrückt werden. Die Baumwolle soll, wenn vollständig imprägnirt, ein fettähnliches Aussehen haben.

Ist der Sättigungspunkt (nach wenigen Minuten) erreicht, so bringt man die Stränge auf einen über dem Behälter befindlichen Rost und läßt die überschüssige Säure abtropfen, was durch sanftes Pressen zu beschleunigen ist. Ein Theil Baumwolle soll nach dieser Procedur um wenigstens $9^1/_2$ Theile zugenommen haben. Sind etwa 2 Kg. Baumwolle verarbeitet, so muß das Säuregemisch vollständig erneuert werden.

Wenn sechs Stränge zubereitet sind, welche also in diesem Zustande $5^1/_4$ Kg. wiegen sollen, so werden dieselben in einem Topf von Steingut 24 bis 48 Stunden gelassen, in welchem eine Tuchscheibe mit leichtem Druck so auf die Stränge gelegt ist, daß dieselben von der imprägnirenden Säure bedeckt sind. Während dieser Zeit, in der sich die Umbildung der Baumwolle zu Schießbaumwolle vollenden soll, stehen die Töpfe in einem Local, dessen Temperatur nicht unter 5 Grad und nicht über 25 Grad steigen darf. Im Winter ist daher Heizung,

Digitized by Google

im Sommer zuweilen Abkühlung (durch fließendes Wasser) erforderlich. Während der ersten 2 bis 6 Stunden müssen die Töpfe überwacht werden, damit einer etwaigen Erwärmung rechtzeitig durch Abkühlen vorgebeugt werden kann.

Nach Ablauf dieser Zeit wird die rohe Schießbaumwolle in dem Hydro-Extracteur vom Säure-Ueberschuß befreit, sodann mit einem großen Quantum Wasser in kupfernen Waschtrommeln in Berührung gebracht und endlich 3 bis 6 Wochen in fließendes Wasser gelegt (in sogenannten Wollwaschkästen). Das soweit gereinigte Präparat wird mit kochender Potaschelösung (von 1·02 specifischem Gewicht) behandelt, dann ausgeschleudert, nochmals mit Wasser gewaschen, wiederum ausgeschleudert und dann 25 Grad an der Luft getrocknet.

Nachdem so der letzte Säurerest fortgenommen ist, wird die Schießbaumwolle in eine Natronwasserglaslösung (von 1·072 specifischem Gewicht) einige Zeit getaucht, nach dem Herausnehmen ausgeschleudert und drei Tage lang der Luft ausgesetzt. Während dieser Zeit wird das kieselsaure Natron durch die Kohlensäure der Luft zersetzt und die Kieselsäure oder ein unlösliches Silicat schlagen sich auf die Faser der Schießwolle nieder (der sogenannte Silicirungsproceß).

Zum Schluß wird das Product nochmals in fließendem, möglichst weichem Wasser gewaschen, dann ausgeschleudert und im Freien oder in einem Trockenhause bei höchstens 35 Grad getrocknet. Directes Sonnenlicht ist zu vermeiden. Die Ausbeute betrug im Durchschnitt nach jahrelangen Erfahrungen 165 bis 167 Theile bei Anwendung von 100 Theilen trockener Baumwolle.

Die fertige Schießwolle wurde einer genauen Prüfung in Bezug auf ihre Structur und mittelst der Stangenprobe unterworfen; bei dieser sollten 0·39 Gramm (6 Gran) 42 Grad schlagen; ein Product von geringerer Stärke dürfte nur zu

Digitized by Google

Sprengzwecken benutzt werden. Stränge mit zerrissenen Fäden wurden als schlecht ausgeschieden.

Die soeben geschilderte Lenk'sche Methode der Schießwoll-Fabrikation ist in ihren wesentlichen Grundzügen in Stowmarket in England beibehalten worden. Dagegen hat Abel einige wichtige Verbesserungen eingeführt, welche für die englische Fabrikation der Schießwolle charakteristisch sind. Bei seinem Verfahren wird die Schießbaumwolle in stark comprimirten Zustande erhalten. Demnach ist das Verfahren in der Patent Safety Guncotton factory in folgender Weise *) abgeändert. Das Material ist nicht gewöhnliche Baumwolle, sondern jede Art von Baumwollenabfall (z. B. der sogenannte Maschinenabfall), sofern er nur von lockerer Beschaffenheit ist.

Die Baumwollen-Abfälle werden zunächst nach dem Lenk'schen Verfahren in siedender Potaschelösung entfettet und dann getrocknet. Alsdann werden sie in eine vollkommen kalte Mischung von 1 Theil Salpetersäure (1·5 specifischem Gewicht) und 3 Theilen Schwefelsäure (1·85 specifischem Gewicht) eingetaucht und dann 24 Stunden lang mit dem zehnfachen Gewichte der gemischten Säure in Berührung gelassen. Die Gefäße werden während dieser Zeit verschlossen und kühl gehalten.

Alsdann läßt man die Säureflüssigkeit ab und schleudert in Centrifugen aus. Hierauf bringt man die Schießbaumwolle rasch in eine sehr große Menge Wasser. Man wählt absichtlich diese beträchtliche Menge von Wasser, damit nicht die in der Schießbaumwolle noch zurückgebliebene Schwefel-

*) „Chem. News" Band 14, S. 18 und 250; Band 15, S. 203; Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 185, S. 154; „Jahresber." 1871, S. 304; „Chem. Centralbl." 1871, S. 764; „Deutsch. chem. Ges. Ber." 1871, S. 271; „Deutsche Industriezeitung" 1871, S. 495.

Digitized by Google

säure Gelegenheit finde, sich mit dem Wasser zu erhitzen, durch welche Temperatur-Erhöhung eine schädliche Wirkung auf die Schießbaumwolle ausgeübt würde. Hierauf schleudert man wieder aus, bringt wieder in fließendes Wasser und wiederholt beide Operationen noch einmal. Dieses dreimalige Ausschleudern und Auswaschen ist von Abel eingeführt worden. Ebenso rühren von ihm auch die nun folgenden Operationen.

Die Schießbaumwolle wird alsdann in einer dem Holländer der Papierfabriken ähnlichen Maschine (rag engine) zerkleinert und hierdurch in einem Zustande feiner Vertheilung, welcher für die nachherige Umwandlung in eine homogene comprimirte Masse nothwendig ist, erhalten.

Nunmehr wird die Schießbaumwolle in einer Poachingmaschine in einem sehr großen Volumen warmen Wassers umhergeschlagen. Das Wasser wird häufig erneuert. Durch diese Behandlung wird die Reinigung, welche nach Lenk 6 bis 8 Wochen in Anspruch nahm, in 2 bis 3 Tagen erreicht.

Alsdann wird die breiförmige Masse in cylindrische Formen mit solchem Drucke gepreßt, daß die resultirende comprimirte Schießbaumwolle etwa die Dichte des Wassers hat. Die Verdichtung geschieht zuerst mit einfachen Hebelpressen, sodann mit starken hydraulischen Pressen (unter einem Druck von 600 Atmosphären).

Da der Schießbaumwollen-Brei während aller dieser Operationen in nassem Zustande (mit einem Gehalte von wenigstens 25 Percent Wasser) sich befindet, so ist die ganze Fabrikation bis hierher absolut gefahrlos. Mit Gefahr wird sie erst verbunden, wenn das Trocknen beginnt.

Das Trocknen der fertigen Patronen fand früher durch Dampfheizung statt, gegenwärtig geschieht es auf heißen, eisernen Platten, zu denen die Luft an den Seiten freien Zutritt hat.

Digitized by Google

Die Ausbeute ist sehr befriedigend und beträgt 171 bis 176 Theile Schießbaumwolle aus 100 Theilen trockener Baumwolle.

Um die Schießbaumwolle zu körnen, werden die nach dem Behandeln im Holländer aus dem Schießwollenbrei durch geeignete Maschinen hergestellten Blätter oder Scheiben zu Stückchen von der erforderlichen Größe zerschnitten, oder der noch Wasser und außerdem eine geringe Menge Bindemittel enthaltende Zeug wird in ein Gefäß gebracht, welchem man eine schwingende Bewegung ertheilt, wodurch er rasch in Körnchen von verschiedener Größe verwandelt wird, die dann noch sortirt werden können.

Mackie und Faure haben zur Herstellung von gekörnter Schießbaumwolle neuerdings folgendes Verfahren*) in Vorschlag und Anwendung gebracht.

Die Schießbaumwolle wird mit rasch rotirenden Circularmessern zerschnitten und passirt schließlich durch Walzen, aus denen sie äußerst fein zertheilt mit vernichteten Haarröhrchen herauskommt. Hierauf wird sie mit Salpeter und Zucker vermengt, — auf 67 Theile Wolle 28 Theile Zucker und 5 Theile Salpeter — und die Mischung mittelst Drahtsieben granulirt.

Das Trocknen geschieht in ungefähr auf 38 Grad erhitzten, dicht verschließbaren Pfannen, die mit einer Pumpe luftverdünnt gemacht werden.

Ein vermehrter Zusatz von Zucker und Salpeter vermindert hierbei die Explosions-Heftigkeit der Wolle.

*) „Chem. News“ 1874, XXIX., Nr. 750, S. 166; Dingler's „Polytechn. Journ.“, Band 213, S. 174; „Deutsch. chem. Ges. Ber.“ 1874, S. 741; „Polyt. Centralbl.“ 1874, S. 789; „Jahresber.“ 1874, S. 424.

Digitized by Google

Die Eigenschaften der Schießbaumwolle. Höchst merkwürdig ist es, daß die Baumwolle bei ihrem Uebergang in Schießbaumwolle äußerlich so gut wie gar nicht sich verändert, trotzdem innerlich so große chemische Veränderungen mit ihr vorgegangen sind.

In der That läßt sich Schießbaumwolle von Baumwolle durch das äußere Ansehen so gut wie gar nicht unterscheiden. Höchstens ist Schießbaumwolle etwas weniger weiß, fühlt sich außerdem meistens etwas härter an und knirscht beim Zusammendrücken leise. Auch ist sie specifisch schwerer als Baumwolle.

Unter dem Mikroskop mit polarisirtem Licht betrachtet, erscheinen die Fäden der Schießbaumwolle wenig hell, sie zeigen keine oder schwache Farben, während die Fäden der Baumwolle sehr hell und mit dem schönsten Farbenspiel sich zeigen.

Am raschesten kann man Baumwolle von Schießbaumwolle durch Reiben unterscheiden. Die Schießbaumwolle wird nämlich beim Reiben, besonders in mäßiger Wärme, stark elektrisch, so daß die Fasern eines zwischen den Fingern geriebenen Klumpens an einer trockenen Hand haften.

Am sichersten jedoch wird man Schießbaumwolle von Baumwolle durch die Explodirbarkeit der ersteren unterscheiden können. Die Schießbaumwolle explodirt durch Schlag oder Stoß mit harten Körpern, sowie beim Erhitzen auf eine gewisse Temperatur und namentlich beim Entzünden. Jedoch sind auch scheinbar ohne alle äußere Veranlassung Explosionen der Schießbaumwolle bei gewöhnlicher Temperatur vorgekommen, so z. B. eine Explosion von 1600 Kg. Schießbaumwolle, welche 1848 die Fabrik zu Le Bouchet in Frankreich zerstörte, eine andere Explosion von Hirtenberger Schießbaumwolle, welche 1862 im Simmeringer Magazin stattfand.

Digitized by Google

Es muß vorläufig dahingestellt bleiben, ob diese Explosionen bei Anwendung völlig reiner Rohmaterialien und bei vollständiger Entsäuerung der Schießbaumwolle hätten vermieden werden können. Jedenfalls zeigt die Explosion eines kleinen mit Schießbaumwolle angefüllten Magazin im Bois de Vincennes bei Paris, das an einem Tage stark von der Sonne beschienen wurde, sowie die fürchterlichen Explosionen in Le Bouchet und Faversham, wo die Temperatur des Trockenraumes nicht über 45—50 Grad steigen konnte, daß die größte Vorsicht beim Trocknen und Aufbewahren der Schießwolle nöthig ist.

Setzt man die Schießbaumwolle einem Schlage oder Stoße mit harten Gegenständen aus, so erfolgt in der Regel eine Explosion mit heftigem Knall. Das Charakteristische dieser Explosion jedoch ist, daß sie nicht über die ganze Masse, sondern nur über die zunächst getroffenen Theile sich erstreckt. Die nicht getroffenen Fasern fliegen unzersetzt umher. Sehr lehrreich in dieser Hinsicht sind die darüber von Abel angestellten Versuche,*) welche wir hier mittheilen wollen.

Abel fand, daß, wenn die Explosion der Schießbaumwolle durch einen Schlag mit dem Hammer oder durch den Fall eines Gewichtes veranlaßt wird, nur ein kleiner Theil der Masse wirklich detonirt, während der Rest durch die sich entwickelnden Gase zerstreut wird in dem Momente, wo das fallende Gewicht die Unterlage trifft. Dieses ging mit Gewißheit aus einer Reihe von Versuchen hervor, welche auf das sorgfältigste mit Cylindern oder Scheiben aus comprimirter Schießbaumwolle von gleichem Gewichte und gleichen Dimensionen angestellt wurde, indem man sie auf einen horizontalen

*) „Compt. rend." 1874, Band 78, S. 1227, 1301, 1362 und 1432; Dingler's „Polytechn. Journ." Band 213, S. 149 und 318.

Digitized by Google

Amboß zwischen polirte Messingplatten und dem Stoße eines 22·7 Kg. schweren Gewichtes aussetzte, welches von einer bestimmten Höhe zwischen Führungen herabfiel.

Ließ man das Gewicht 914 Millimeter hoch herabfallen, so wurde die Schießbaumwolle auf $^1/_3$ ihrer ursprünglichen Dicke comprimirt, ohne daß eine Explosion stattfand. Der Fall von 1·828 Meter Höhe erzeugte eine leichte Detonation, bei welcher der größte Theil der Schießbaumwolle umhergestreut wurde. Bei noch größerer Fallhöhe detonirte ein etwas größerer Theil der Substanz, aber selbst bei einem Falle des Gewichtes aus der größten verfügbaren Höhe von 11·883 Meter detonirte nur eine schwache Portion der Wolle, während der Rest in einem Zustande großer Zertheilung umhergestreut wurde.

Die comprimirte Schießbaumwolle läßt sich leicht in dem zur vollständigen Oxydation ihres Kohlenstoffes nothwendigen Verhältnisse mit einem Sauerstoffträger (z. B. salpetersaurem Kali) mengen. Die durch das Mengen von Schießbaumwolle mit Salpeter erhöhte Festigkeit der ganzen Masse gewährt, abgesehen von der vollständigen Verbrennung,*) einen besseren Schutz gegen Beschädigungen durch den Transport oder in Folge von Unvorsichtigkeit, als dieses bei der gewöhnlichen comprimirten Schießbaumwolle der Fall ist.

Nachdem man erkannt hatte, daß diese comprimirten Schießwollmischungen ebenso empfänglich für die Detonation seien, als der comprimirte reine Explosivstoff, so war es interessant, das Verhalten der ersteren in Vergleich mit dem

*) Durch genügenden Salpeterzusatz werden auch die brennbaren Explosionsgase der Schießwolle (Kohlenoxyd und Sumpfgas) völlig verbrannt und die Wirkung der Schießwolle durch die in Folge der vollständigen Verbrennung vermehrte Spannkraft erhöht.

Digitized by Google

letzteren zu beobachten, wenn man sie der Detonation des Nitroglycerins aussetzt.

Die Resultate haben gezeigt, daß jene comprimirten Mischungen leichter detoniren als die nichtcomprimirten und die reine Schießwolle. So detonirte die letztere bei der Explosion von 62·4 Gramm des mit ihr in unmittelbarem Contact befindlichen Nitroglycerins nur einmal, während eine gleiche Ladung des letzteren die mit dem Nitrat gemengte comprimirte Schießwolle unfehlbar detoniren machte. Mit reiner Schießwolle erhielt man immer entweder eine einfache Trennung der Masse, oder — bei Anwendung eines hinreichenden Quantums Nitroglycerin — die Detonation.

Aus allen diesen Versuchen scheint hervorzugehen, daß die durch Detonation einer Nitroglycerin-Ladung herbeigeführte Explosion der Schießwolle bis zu einem gewissen Punkte durch die Vermehrung des Widerstandes erleichtert wird, welchen die letztere, wenn einem Salze beigemengt, der Trennung ihrer einzelnen Theile entgegensetzt.

Die Schießbaumwolle verliert, wenn sie von einem flüssigen oder einem bei gewöhnlicher Temperatur zwar festen, aber in flüssigem Zustande ihr einverleibten Körper durchdrungen wird, viel mehr von ihrer Detonationsfähigkeit, als wenn man sie mit einem entsprechenden Gewichte eines festen Körpers mengt. Die Ursache dieser Erscheinung ist offenbar gerade die umgekehrte von derjenigen, welche die Verminderung der Empfindlichkeit des Nitroglycerins verhindert, wenn man dasselbe mit einer beträchtlichen Quantität eines trägen, festen Körpers mengt. Die träge Flüssigkeit hüllt jedes Theilchen der festen Schießbaumwolle ein, isolirt dasselbe von den benachbarten Theilen und setzt somit der Fortpflanzung der Detonation einen kräftigen Widerstand entgegen, während beim Nitroglycerin der flüssige Explosivstoff

Digitized by Google

den trägen festen Körper einhüllt und daher in seiner ganzen Masse den Zusammenhang bewahrt.

Die Absorption von 3 Percent Wasser durch die Schießbaumwolle (und hierzu noch die 2 Percent Wasser, welche sie im normalen Zustand enthält) machen die Detonation dieser Substanz mit Hilfe des gewöhnlichen detonirenden Agens zweifelhaft.

Brown (damals Assistent von Abel, dem Chemiker des englischen Kriegsdepartements) kam im Jahre 1874 auf den Gedanken, die trockene Schießbaumwolle selbst zur Detonation der feuchten comprimirten Schießwolle anzuwenden.

Nach seinen Versuchen gelingt die Detonation der Schießwolle leicht (wenn auch nicht absolut sicher in jedem Falle), selbst wenn sie bis zu 17 Percent Wasser enthält, durch die Explosion von 6·6 Gramm compacter und an der Luft getrockneter Schießbaumwolle, wenn die Anfangs-Explosion durch die gewöhnliche Quantität Knallquecksilber hervorgerufen wird. Letzteres muß hierbei in unmittelbarem Contact mit der trockenen Schießwolle sein.

Steigert man den Wassergehalt bis auf 20 Percent, so erfolgt Detonation bei Anwendung von 31·2 Gramm lufttrockener Schießbaumwolle als detonirendes Anfangsagens nicht immer mit Sicherheit, und wenn die Schießbaumwolle das Maximum von 30—35 Percent Wasser enthält, welches sie überhaupt zu absorbiren vermag, so kann man nicht mit absoluter Sicherheit auf die Detonation rechnen, wenn man weniger als 112 Gramm lufttrockener Schießbaumwolle, und zwar in unmittelbarem Contacte anwendet.

Die feuchte comprimirte Schießbaumwolle detonirt diesen Versuchen zufolge leichter, wenn trockene Schießwolle und

Digitized by Google

Knallqueckſilber zur Uebertragung der Detonation benutzt wird, als bei Anwendung von Knallqueckſilber allein.

Die comprimirten Schießwoll-Miſchungen mit Salpeter oder chlorſaurem Kali ſind in feuchtem Zuſtande, und unter ſonſt gleichen Bedingungen, ebenſo detonationsfähig wie gewöhnliche comprimirte Schießbaumwolle, und ebenſo ſind nach zahlreichen Verſuchen die mechaniſchen Wirkungen dieſelben.

Comprimirte und angefeuchtete Schießbaumwolle, die man gefrieren läßt, wird durch das Gefrieren ebenſo detonationsfähig wie das Gemenge aus Schießbaumwolle und kryſtalliſirten löslichen Salzen (Salpeter und chlorſaures Kali), welchem ſie durch Verwandlung des Waſſers in Eis vollkommen ähnlich wird.

Eine Detonation der Schießbaumwolle durch Erhitzen erfolgt mit großer Heftigkeit, mit glänzender Flamme, meiſtens ohne ſtarken Knall, höchſtens von einem Ziſchen begleitet. Die zur Exploſion der Schießbaumwolle nöthige Temperatur iſt abhängig von der Güte der Schießwolle und von der Schnelligkeit, mit welcher ſie erhitzt wurde. Wird Schießbaumwolle ſehr langſam erhitzt, ſo zerſetzt ſie ſich ſchon von 60 Grad an unter Entwickelung ſaurer Dämpfe, aber unter 130 Grad explodirt ſie in der Regel nicht. Man hat jedoch auch beobachtet, daß die Schießwolle zuweilen bei weit niederen Temperaturen explodirt. So fanden wiederholt Exploſionen ſtatt, wenn ſie auf einer Metallunterlage bei 70 bis 100 Grad getrocknet wurde. Auch ſchon durch heiße Luft, die auf 25 bis 80 Grad erwärmt war, wurde Schießwolle ausnahmsweiſe zur Exploſion gebracht.

Beim ſchnellen Erhitzen explodirt die Schießwolle zwiſchen 136 und 180 Grad. Die Exploſion erfolgt ſtets raſcher und bei niedrigerer Temperatur als die des Schießpulvers. Man kann deshalb Schießwolle auf Pulver ver-

Digitized by Google

brennen, ohne daß letzteres Zeit findet, sich gleichfalls zu entzünden. Sehr belehrend in dieser Beziehung ist auch folgender hübsche Versuch:

Auf ein Stück Papier legt man etwas Schießpulver, auf letzteres eine kleine Menge Schießbaumwolle und hält das Ganze etwa 0·3 Meter hoch über eine Lichtflamme. Die ausstrahlende Wärme der letzteren reicht hin, um die Schießbaumwolle zu entzünden, während das darunter und der Wärmequelle näher liegende Schießpulver völlig unverändert bleibt.

Von der in weingeistigem Aether löslichen Collodiumwolle unterscheidet sich die explosive Schießbaumwolle scharf durch ihre Unlöslichkeit in genanntem Lösungsmittel.

Zusammensetzung der Schießbaumwolle.*) Bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Baumwolle können je nach den eingehaltenen Bedingungen vier Nitroverbindungen der Baumwolle (Cellulose) entstehen, nämlich Dinitrocellulose (Collodiumwolle), Trinitrocellulose (Schießbaumwolle) und außerdem noch Tetranitrocellulose und Pentanitrocellulose. In der Reihenfolge, wie soeben diese vier Verbindungen genannt wurden, steigt auch ihr Gehalt an der „Nitrogruppe" (Untersalpetersäure).

Versuche ergaben, daß der Gehalt der Nitroverbindungen der Cellulose an Untersalpetersäure wächst mit der Menge der Schwefelsäure oder (was gleich bedeutend ist) mit der Concentration der Salpetersäure, mit der Dauer der Einwirkung und der Höhe der Temperatur des Säuregemisches.

Wie nothwendig es in der Praxis ist, eine Verdünnung

*) Vergleiche „Die Nitroverbindungen der Cellulose" von Dr. Guido Wolfram in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 230. S. 45 und 148.

Digitized by Google

des Säuregemisches zu vermeiden, zeigen Versuche,*) deren Resultate in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

Säuregemisch			Ausbeute aus 100 Theilen Baumwolle	Eigenschaft des Productes
Gleiche Moleküle Salpeter- und Schwefelsäure			177	unlöslich,
detto	+ 1	Molekül Wasser	176	unlöslich,
detto	+ $1^1/_2$	detto	171·7	wenig löslich,
detto	+ $1^2/_3$	detto	166·4	völlig löslich,
detto	+ $1^5/_6$	detto	160·5	völlig löslich,
detto	+ 2	detto	157·0	leicht löslich,
detto	+ $2^1/_2$	detto	140·0	sehr leicht löslich.

Bei zunehmendem Wassergehalt des Säuregemisches ist also die Ausbeute eine geringere. Daß dies so sein muß, wird sofort klar, wenn man bedenkt, daß ja die leicht lösliche Nitrocellulose hauptsächlich aus der das geringste Gewicht besitzenden Dinitrocellulose (Collodiumwolle) besteht.

Für sich allein in reinem Zustande kann von den genannten vier Nitroverbindungen der Baumwolle nur die 41·89 Percent Untersalpetersäure enthaltende Pentanitrocellulose dargestellt werden, alle anderen durch Einwirkung der Salpetersäure auf Baumwolle erhaltenen Verbindungen — wie Schießwolle und Collodiumwolle — sind Gemische verschiedener Nitroverbindungen. Die 36—37 Percent Untersalpetersäure enthaltenden sind hauptsächlich Tetranitrocellulose (welche in reinem Zustande einen Gehalt von 36·5 Percent Untersalpetersäure besitzen würde), die gegen 30 Percent Untersalpetersäure enthaltenden sind hauptsächlich Trinitrocellulose oder Schießwolle (chemischreine Schießwolle würde 30·06 Percent Untersalpetersäure aufweisen).

*) Liebig, „Jahresber." Band 7, S. 625.

Digitized by Google

Die käufliche comprimirte Schießbaumwolle besteht angeblich neben Trinitrocellulose als Hauptbestandtheil aus 4—5 Percent unveränderter Cellulose, aus bis zu 12 Percent Dinitrocellulose (Collodiumwolle), 1 Percent aus dem Fette und Harze der Baumwolle entstehenden Substanzen und 0·5 Percent Asche. Es ist indessen selbstverständlich, daß die comprimirte Schießwolle in ihrer chemischen Zusammensetzung je nach den Fabrikationsmethoden und der Beschaffenheit der Rohmaterialien wechseln wird. Es könnte nur von Vortheil sein, wenn ein Fabrikations-Verfahren gefunden würde, welches nicht nur die vollständige Entsäuerung, sondern auch die völlige Reinigung der Schießwolle von allen anderen Nitroverbindungen, welche nicht Trinitrocellulose sind, ermöglichte.

Was den chemischen Charakter, die Constitution der Schießbaumwolle, sowie der Collodiumwolle betrifft, so haben wir schon früher flüchtig erwähnt, daß dieselben nicht im eigentlichen Sinne Nitroverbindungen (wie z. B. die Pikrinsäure eine solche ist), sondern vielmehr sogenannte Aether der Salpetersäure sind. Man schließt dies aus dem chemischen Verhalten der Schießbaumwolle gegen concentrirte Schwefelsäure und Alkalien. Concentrirte Schwefelsäure macht schon in der Kälte Salpetersäure aus der Schießbaumwolle wieder frei, und mäßig concentrirte Kali- oder Natronlauge bildet (bei gewöhnlicher Temperatur langsam, bei 60—80 Grad sehr schnell) aus der Schießbaumwolle salpetersaures Kali, respective — Natron unter Rückbildung von Baumwolle. Dieses chemische Verhalten läßt sich nur mit der Annahme, daß die Schießwolle ein Aether der Salpetersäure sei, erklären. Auch das Nitroglycerin giebt beim Behandeln mit Kali- oder Natronlauge das entsprechende salpetersaure Salz unter Rückbildung von Glycerin; auch muß es deshalb als Aether der

Salpetersäure (nicht als Nitroverbindung des Glycerins) aufgefaßt werden.

Die Explosionsgase der Schießbaumwolle. Die Bedingungen, unter welchen Schießbaumwolle explodirt, sind bereits bei den Eigenschaften derselben erwähnt worden.

Bei der Explosion verbrennt die Schießbaumwolle ohne, oder fast ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Im freien Raume verbrennt sie außerordentlich rasch und mit einer großen, orangegelben Flamme. Unter vermindertem Druck erfolgt die Verbrennung langsamer.

In fast luftleerem Raume (und ebenso in Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff oder Wasserstoff) verbrennen sehr kleine Mengen Schießbaumwollengarn, durch einen sehr feinen elektrisch glühend gemachten Platindraht entzündet, langsam mit grünlich phosphorescirendem Leuchten. Bei gesteigertem Druck zeigt sich neben dem grünlichen Leuchten eine schwach gelbliche Flamme, welch' letztere mit erhöhtem Drucke an Intensität stetig zunimmt, bis sie endlich in die glänzende orangegelbe Flamme der rasch verbrennenden Schießbaumwolle übergeht.

Die Zersetzungsproducte der entzündeten Schießbaumwolle sind im luftleeren Raume Kohlenoxyd, Wassergas und Stickstoffgas, im lufterfüllten Raume dieselben Gase und außerdem noch salpetrige Säure und Cyan.

1 Kilogr. Schießbaumwolle giebt bei der Verbrennung 801 Liter Gas (also reichlich viermal so viel, als die gleiche Gewichtsmenge Schießpulver) und wirkt etwa so viel wie 4·5—5 Kilogr. Schießpulver.

Das Gewichtsverhältniß der Explosionsgase der Schießwolle ist abhängig von dem Druck und der Temperatur, welche bei der Explosion herrschten.

Digitized by Google

Wir führen hier eine Analyse der Explosionsgase an. Demnach bestanden letztere (in Volumenpercenten) aus:

Kohlenoxyd	30
Kohlensäure	20
Sumpfgas	10
Stickoxyd	9
Stickstoff	8
Wassergas	23
	100

Findet die Verbrennung der Schießwolle unter hohem Drucke statt, so verschwindet in den Verbrennungsgasen das Stickoxyd ganz und statt dessen findet sich (durch hier nicht zu erörternde chemische Umsetzungen) ein Mehrgehalt von Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasser und Stickstoff.

Die Explosionsgase der Schießbaumwolle sind wegen ihres hohen Gehaltes an Kohlenoxydgas (sowie auch an Sumpfgas) leicht entzündlich und hierbei mit blauer Flamme verbrennlich. Wegen ihres großen Gehaltes an Kohlensäure und Kohlenoxyd sind sie (ebenso wie die Pulvergase) giftig und greifen auch die Augen ziemlich stark an.

Die Verbrennungs-Temperatur der Schießwolle hat man zu 6000 Grad berechnet, was gewiß zu hoch gegriffen ist.

Die freiwillige Zersetzung der Schießwolle. Dieselbe beginnt mit einer langsamen Entwickelung von Gasen (z. B. von salpetriger Säure); allmälich nimmt die Schießbaumwolle bedeutend an Volumen ab und der Rückstand enthält neben kleinen Mengen einer stickstoffhaltigen Substanz Spuren von Ameisen- und Essigsäure, ferner Zucker, Oxalsäure und sogenannte Gummose.

Diese freiwillige Zersetzung scheint nur dann vor sich zu gehen, wenn die zur Verwendung gelangte Baumwolle nicht gehörig entfettet, sowie die erhaltene Schießbaumwolle

Digitized by Google

nicht vollständig entsäuert wurde. Die Lenk'sche Schießbaumwolle, welche bekanntlich in einem hohen Grade der Reinheit hergestellt wird, ist nach den Versuchen von Abel absolut haltbar.

Sonnenlicht, welches längere Zeit auf die Lenk-Abel'sche Schießwolle einwirkt, verändert dieselbe nicht. Bei kurzem Erwärmen dieser Schießwolle auf 90 Grad wurde dieselbe ebenfalls nicht verändert. Abel erwärmte auch mit Schießwolle vollgepackte Kisten sechs Monate lang auf 50 Grad, und auch so wurde keine Zersetzung eingeleitet. Abel hält mit dem so gelieferten Beweis der Haltbarkeit reiner Schießwolle die Haupt- und Lebensfrage derselben für gelöst.

Zur Erhöhung der Haltbarkeit der Schießwolle imprägnirt man dieselbe mit Wasserglas oder mit Soda, früher auch wohl mit Paraffin. Auch solche Schießwolle, von deren Reinheit man überzeugt zu sein glaubt, sollte man der Vorsicht halber stets noch mit Wasserglas imprägniren.

Beachtenswerth ist der Vorschlag Abel's, die Schießwolle in feuchtem (nicht nassem) Zustande aufzubewahren, da sie sich auf diese Weise jahrelang unzersetzt erhält, sowie auch ganz gefahrlos zu handhaben ist. Will man sie dann verwenden, so genügt einfaches Trocknen.

Die Anwendung der Schießbaumwolle. Der mißglückten Versuche, die Schießwolle als Ersatz des Schießpulvers einzuführen, ist bereits an anderer Stelle gedacht worden. Während man in Oesterreich die langjährigen Versuche in dieser Richtung ganz aufgegeben hat, scheint es den Bemühungen Abel's gelingen zu wollen, die Schießwolle in England allgemein zu militärischen Zwecken einzuführen.

Die bald nach der Entdeckung der Schießwolle in verschiedenen Ländern Europas unternommenen Schießversuche

Digitized by Google

ergaben, daß Infanteriegewehre, welche mit Pulver 3000 Schüsse aushielten, mit etwa gleichwirkender Schießwollladung nach durchschnittlich 500 Schüssen unbrauchbar wurden. Flintenläufe, welche mit 27·5 Gramm Pulver geladen werden durften, zersprangen bei einer Ladung von 7—8 Gramm Schießwolle.

Ein anderer Nachtheil war der, daß die Anfertigung von Kartuschen und Patronen von Schießbaumwolle sehr langsam vor sich ging, weil sie nicht wie Schießpulver gemessen werden konnten, sondern gewogen werden mußten.

Als Vorzüge der comprimirten Schießwolle wird vorzüglich ihr Verhalten gegen niedere Temperaturen, gegen Nässe und im nassen Zustande gegen Percussion genannt, und die Anhänger derselben nennen sie daher wohl auch das ideale Sprengmittel, vorzüglich für militärische und submarine Zwecke.

Allein ein großer Nachtheil der Schießbaumwolle ist ihre außerordentlich rasche Explosion. Sie gehört zu den sehr brisanten Explosivstoffen. Während die so verschiedenartigen Verhältnisse, unter welchen sich die drei Grundstoffe des Schwarzpulvers in ein durch leisestes Berühren mit Zündstoff zersetzbares Gemenge bringen lassen, um mehr oder weniger, langsam oder schneller wirkende Trieb- oder Sprengkraft zu schaffen, dem Pulver eine gewisse Biegsamkeit verleihen, geht dieser Vorzug der Schießwolle ab. Die Explosionsgase der Schießbaumwolle werden urplötzlich entwickelt, nehmen augenblicklich einen sehr großen Raum ein, aber eine nachhaltige Wirkung findet nicht statt. Die Starrheit der Schießwolle läßt sich auch durch künstliche Mittel nicht wohl vermindern. Der ganze Effect dieses idealen Kraftmittels liegt eben nur im Entzündungsmomente. Ist das Geschoß

Digitized by Google

damit von der Stelle gerückt, so ist alle Arbeit gethan, eine nachtreibende Wirkung der Gase findet nicht statt.

Um diese aus der großen Brisanz der Schießwolle sich ergebenden Uebelstände zu mildern, hat man die Verbrennungsgeschwindigkeit durch Zusätze oder durch Structurveränderung zu verlangsamen gesucht.

Was die Zusätze betrifft, so hat man die Schießwolle mit gewöhnlicher Baumwolle zusammengekrempelt, oder auch mit Papierstoffen im Holländer verarbeitet. Oder man benutzte auch wohl Metallkapselpatronen, deren vorderer Theil, welcher zuerst entzündet wurde, Minenpulver enthielt, durch dessen Verbrennung die Trägheit des Projectils überwunden werden sollte. In dem anderen Theile befand sich Schießwolle, deren Explosionsgase die treibende Kraft repräsentirten.

Lenk wendete, als das gezogene Schießwoll-Feldgeschütz in der österreichischen Armee theilweise eingeführt war, die Schießwolle in folgender Weise an. Ein bestimmtes Gewicht gesponnener Schießwolle wird auf der Mantelfläche eines hohlen, hölzernen Cylinders oder Kegels aufgewickelt. Die Entzündung geschieht (durch eine Schlagröhre) am hinteren Ende. Der Holzkörper verhindert im ersten Augenblicke ein rapides Abbrennen, da die Entzündung sich nur peripherisch verbreiten kann. Erst nachdem die Spannung der Gase eine gewisse Höhe erreicht hat, erfolgt Zertrümmerung des Holzcylinders und vollkommene Verbrennung.

Die in Stowmarket gefertigten comprimirten Schießwollpatronen, von denen schon 1868 bei vollem Betriebe täglich 16.000 Stück vollendet wurden, besitzen eine Hülle aus stark comprimirter Schießwolle, welche mit einem dünnen Guttaperchahäutchen wasserdicht überzogen ist.

Für Sprengpatronen wird der Schießwollbrei in

Digitized by Google

Formen gepreßt, welche einen oder mehrere Dorne enthalten, damit Höhlungen zur schnelleren Zündung entstehen.

Die stark comprimirte Schießbaumwolle brennt an offener Luft ruhig wie ein langsam brennender Pulversatz ab. Eine abgefeuerte Büchsenkugel verursacht bei ihrem Durchgange keine Entzündung. Wird sie dagegen durch ein stark geladenes Zündhütchen entzündet, so explodirt sie äußerst stark, und zwar (nach Abel) zehn- bis zwölfmal so kräftig als Schießpulver.

Bemerkenswerth ist, daß die Schießbaumwolle bedeutend kräftiger in hartem, als in weichem oder gar zerklüftetem Gestein wirkt.

Die Urtheile über die Verwendbarkeit und Zukunft der comprimirten Schießwolle gehen oft weit auseinander. Nach Julius Mahler,*) einer Autorität ersten Ranges auf dem Gebiete der gesammten Sprengtechnik, wäre die Schießwolle schon des Preises halber nie im Stande, den Dynamiten erfolgreiche Concurrenz zu machen. Der Transport der nassen Schießwolle bietet enorme Schwierigkeiten, ihre Verwendung erfordert ungemein starke Zündhütchen oder Zündpatronen (stärkere als das gefrorene Dynamit) und die Explosionsgase der nassen Schießwolle sind in Schächten, Stollen u. s. w. ungemein belästigend, selbst gefährlich. Als Sprengmittel für militärische und maritime Zwecke aber erfordert die comprimirte Schießwolle ärarische Fabriken, denn vom Auslande kann sich kein Staat abhängig machen, und private Etablissements könnten, selbst in den militärischen Großstaaten, nicht bestehen, wenn eben nur die Armee und Flotte des Staates Abnehmer und Consumenten wären.

*) „Die Sprengtechnik" von Julius Mahler. Achte, durch die neuesten Erfahrungen vermehrte Auflage. Wien 1878.

Digitized by Google

Der gefährlichste Concurrent dürfte aber mit der Zeit der comprimirten Schießwolle in der Spreng-Gelatine (Gelatine-Dynamit) erwachsen. Der Hauptvorzug der nassen comprimirten Schießbaumwolle ist ihre Unempfindlichkeit gegen Stoß, wodurch sie gegen Explosionen, verursacht durch feindliche Geschosse, oder im Seeminenkriege durch benachbarte Explosionen, geschützt ist. Wenn es nun aber gelingt, das Gelatine-Dynamit, welches gegen Wasser vollkommen widerstandsfähig ist, auch gegen feindliche Geschosse und in Betreff der Seeminen gegen benachbarte Explosionen unempfindlich zu machen, so würde der triftigste Grund zu einer Einführung der comprimirten Schießwolle entfallen.

Während man in Oesterreich der comprimirten Schießbaumwolle im Allgemeinen eine bedeutende Zukunft abspricht, ist man in England und hier hauptsächlich Abel, der bedeutende Chemiker des englischen Kriegsdepartements, von den großen Vorzügen und der dereinstigen Bedeutung dieses explosiven Stoffes völlig durchdrungen.

Ueber den Transport, die Aufbewahrung und die Anwendung der Schießwolle in der Kriegs- und Sprengtechnik wird in den betreffenden Abschnitten ausführlicher berichtet werden.

Es mögen hier schließlich noch einige andere Verwendungen der Schießwolle erwähnt werden.

Böttger*) empfiehlt Schießwolle als ausgezeichnetes Filtrirmaterial für starke Säuren, auch Alkalien und leicht zersetzbare Flüssigkeiten (wie übermangansaures Kali).

Derselbe**) benutzt auch Schießwolle (noch besser eignet

*) Wagner's Jahresbericht 1860, S. 467.

**) Jahresbericht des physikalischen Vereines zu Frankfurt a. M. pro 1877/78, S. 23.

Digitized by Google

sich dazu die von den Photographen benützte Collodiumwolle) zur Glasversilberung. Behandelt man seiner Beobachtung zufolge Schießwolle, nachdem sie zuvor durch und durch befeuchtet worden, einige Minuten lang mit Natronlauge in der Siedehitze, so löst sie sich zu einer bräunlichen Flüssigkeit auf, die dann, mit einer größeren Menge destillirten Wassers versetzt, zur Reduction einer verdünnten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd-Ammoniak, in welcher jedoch das Ammoniak nicht vorwalten darf, dienen kann.

Versetzt man nämlich diese Silberlösung mit einigen Tropfen obiger Schießwollelösung, füllt damit ein wohlgereinigtes Hohlglas, erhitzt es im Wasserbade einige Minuten lang bis auf circa 96 Grad C., dann erscheinen die Innenwände des Hohlglases auf's schönste versilbert.

Auch in der Feuerwerkerei findet die Schießwolle Anwendung, indem man sie mit Lösungen von Salzen tränkt, welche bei einem Verpuffen in einer Flamme diese färben.

Als schlechten Leiter für Elektricität empfahl sie Bowmann statt Seide zum Isoliren bei elektrischen Versuchen. Auch in der Färberei hat man sie angewendet (pyroxylirte Gewebe).

Die Collodiumwolle.

Diese Varietät der Schießbaumwolle hat gegenwärtig eine die Schießbaumwolle weit überragende Bedeutung erlangt durch ihre mannigfaltigen Anwendungen in der Photographie zum Präpariren der zu exponirenden Platten und des photographischen Papiers, in der Sprengtechnik zur Bereitung der Spreng-Gelatine aus Nitroglycerin und Collodium, in der Chirurgie zur Vereinigung der Wundränder und endlich in der Kurzwaaren- und Galanterie-Branche durch ihre Verwen-

Digitized by Google

dung in der Fabrikation des Celluloids, welches für genannte Branchen schon jetzt eine große Bedeutung gewonnen hat.

Die Collodiumwolle ist von der Schießbaumwolle, obwohl bei beiden dieselben Rohmaterialien zu ihrer Gewinnung dienen, durch ihre chemischen Eigenschaften scharf getrennt. Schießbaumwolle ist äußerst explosiv, Collodiumwolle fast gar nicht; letztere löst sich in weingeistigem Aether, während erstere darin unlöslich ist.

Geschichtliches. Menard und Flores Domonte*) waren die Ersten, welche eine Schießbaumwolle erhielten, die sich in Aether-Alkohol löste.

Béchamp untersuchte diese lösliche und wenig explosive Schießbaumwolle und fand, daß sie Dinitrocellulose sei.

	Gefunden	Berechnet
Kohlenstoff . .	28·22	28·57
Wasserstoff . .	3·57	3·17
Sauerstoff . .	57·43	57·15
Stickstoff . . .	10·78	11·11

Im Jahre 1847 wurde von Amerika aus eine Lösung, welche den Namen Collodium erhielt und in der Chirurgie vortreffliche Dienste leistete, bei uns eingeführt.

Man fand bald, daß nicht jede Schießbaumwolle zur Collodiumbereitung tauglich sei, und daß gerade die am leichtesten explodirende auch am unlöslichsten in weingeistigem Aether sei. Da nun bei Anwendung stärkster Salpetersäure die am stärksten explodirende Schießbaumwolle erhalten wird, so war hiermit der Weg zur Collodiumbereitung vorgezeichnet. Ein für letztere geeignetes Product bildet sich nach dem Gesagten offenbar bei abnehmender Concentration des Säuregemisches. Auch bei Anwendung von

*) Liebig's Jahresbericht, Band 1, S. 1136.

Digitized by Google

Kalisalpeter und Schwefelsäure (statt Salpetersäure und Schwefelsäure), in welchem Falle die Salpetersäure sich erst aus dem Salpeter allmälich entwickelt und deshalb nicht so energisch wirkt, erhält man Collodiumwolle.

Im Jahre 1851 erfanden Archer und Fry ihr neues Collodium-Verfahren. Von dieser Zeit beginnt der großartige Aufschwung der Photographie. Es war durch dieses Verfahren ein Mittel gegeben, Bilder von außerordentlicher Schärfe und Feinheit der Zeichnung beliebig oft vervielfältigen zu können.

Fabrikation der Collodiumwolle. Wir theilen die hauptsächlichsten Vorschriften kurz mit.

Nach Dawson*) ist besonderer Werth auf die Qualität der Baumwolle zu legen. Langfaserige Baumwolle, wie die Sorte Sea Island und die egyptische, sind nach ihm vorzuziehen.

Nach Mann**) erhält man gute Collodiumwolle auf folgende Weise: Man übergießt 20 Theile gepulverten Kalisalpeter mit 31 Theilen Schwefelsäure von 1·83 specifischem Gewicht, rührt um, bis der Salpeter zergangen ist, trägt nach dem Erkalten der Mischung unter 50 Grad 1 Theil Baumwolle in dieselbe ein, arbeitet das Ganze gut durch, bedeckt das Gefäß mit einer Glasplatte und läßt das Gemenge bei etwa 30 Grad ungefähr 24 Stunden stehen; dann wird das Präparat mit Wasser gewaschen (zuletzt zur Entziehung von allem schwefelsauren Kali noch mit warmem Wasser) und getrocknet. Viele im Großen ausgeführte Versuche haben ergeben, daß bereits nach 5—7 Minuten die lösliche Collodiumwolle gebildet ist; aber auch fünf- bis sechstägige Einwirkung der sauren Mischung auf die Baumwolle ist für

*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 178, S. 166.
**) Liebig's Jahresbericht, Band 6, S. 548.

Digitized by Google

die Güte der Collodiumwolle nicht nachtheilig, sobald die Temperatur nur nicht 30 Grad übersteigt.

Nach F. Luchs*) taucht man 1 Kilogr. Baumwolle in ein Gemenge von 20 Kilogr. Schwefelsäure und 9 Kilogr. gepulvertem Kalisalpeter, läßt sie darin liegen, bis eine herausgenommene Probe der ersteren, rasch mit Wasser ausgewaschen, gedrückt, mit Weingeist übergossen und wieder ausgedrückt, sich leicht und vollständig in einer Mischung von 2 Theilen Aether und 1 Theil Weingeist löst. Alsdann wäscht man das Präparat mit Wasser vollständig aus, preßt es zwischen Leinen, übergießt es mit Weingeist, der ihm die gelbe Farbe entzieht, preßt nach 24 Stunden wieder und löst dann gleich 1 Theil der feuchten Collodiumwolle in 2 Theilen 90percentigem Weingeist unter Zusatz von 15 bis 20 Theilen Aether von 0·73 specifischem Gewicht.

Im Sommer bleibt das Gemisch von Schwefelsäure und Kalisalpeter etwa 10 Minuten stehen, bevor die Baumwolle hineingetaucht wird, im Winter wird dasselbe vorher gelinde erwärmt, um die Abscheidung von schwefelsaurem Kali zu vermeiden.

Statt Salpeter und Schwefelsäure kann man auch (nicht allzu starke) Salpetersäure und Schwefelsäure zur Collodiumbereitung anwenden.

Eine hierzu sehr geeignete Vorschrift ist: 89 Theile Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·424) und 104 Theile Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·833). Diese Vorschrift wird auch in der deutschen Pharmacopoe gegeben.

Eine andere Vorschrift ist folgende: 13 Theile Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·632) und 12 Theile Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·512 bis 1·518) werden vermischt

*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 166, S. 63.

Digitized by Google

und auf 5 Grad abgekühlt. In dieses Gemisch taucht man 1 Theil Baumwolle und giebt darauf Acht, daß die Temperatur nicht über 8 Grad steigt. Nach 24 Stunden nimmt man die gebildete Collodiumwolle heraus, wäscht sie vollständig mit Wasser aus und trocknet sie.

Die Löslichkeit der Collodiumwolle wechselt je nach ihrer Qualität. Gute Collodiumwolle soll sich in 7—8 Theilen Aether, welchem 1 Theil Alkohol zugesetzt ist, lösen. Die so erhaltene Flüssigkeit hat eine syrupähnliche Consistenz, sie muß deshalb noch weiter mit weingeistigem Aether verdünnt werden.

Löst sich die Collodiumwolle nicht vollständig, so preßt man entweder nicht zu dickflüssiges Collodium durch Gaze, oder läßt es mit weingeistigem Aether verdünnt durch längeres Stehen sich klären, oder filtrirt es durch Baumwolle oder Papier.

Collodium ist eine fast farblose dicke Flüssigkeit, welche auf eine Fläche ausgegossen, sehr bald (indem der weingeistige Aether verdunstet) ein feines, durchsichtiges, anhaftendes Häutchen hinterläßt.

Die Anwendung des Collodiums in der Photographie ist allgemein bekannt. Besonders reines Collodium für photographische Zwecke liefert die chemische Actienfabrik, vormals E. Schering in Berlin. Die Collodiumwolle dazu wird mit dem Namen Celloïdin bezeichnet und sowohl in Form von Celloïdinpapier, wie als Wolle abgegeben; sie ist völlig klar in Aether-Alkohol löslich.

In der Chirurgie leistet das Collodium ebenfalls unschätzbare Dienste. Bringt man Collodiumlösung auf eine Schnittwunde, so klebt eine dünne Schichte von Collodium nach dem Verdunsten des weingeistigen Aethers fest auf der Wundfläche, indem sie dieselbe zugleich luft- und wasserdicht

Digitized by Google

abschließt. Durch die starke Zusammenziehung des eintrocknenden Collodiums werden auch die Wundränder vereinigt.

Um auf der Wundfläche ein möglichst elastisches Collodiumhäutchen zu erhalten, hat Lauras*) folgende Vorschrift gegeben: 8 Theile Collodiumwolle werden in 125 Theilen Aether und 8 Theilen Alkohol aufgelöst und die dicke Flüssigkeit mit einer Lösung von 2 Theilen venetianischem Terpentin, 2 Theilen Ricinusöl und 2 Theilen weißem Wachs in 6 Theilen Aether gemischt.

Das Collodium findet auch vielfache Anwendung in solchen Fällen, wo man einen Gegenstand durch eine dünne, kaum wahrnehmbare Schicht vor Luft oder Feuchtigkeit schützen will. Beispielsweise hat man**) es als Schutzmittel gegen das Anlaufen von Silberwaaren empfohlen. Letztere werden gelinde erwärmt und mit Collodium dünn und gleichmäßig bestrichen.

Eine sehr wichtige Anwendung hat das Collodium in neuester Zeit zur Fabrikation der Spreng-Gelatine (Gelatine-Dynamits) erfahren. Schon ein geringer Zusatz von Collodium zu Nitroglycerin verwandelt letzteres in eine gummi- oder gelatineähnliche Masse, welche gegen Wasser vollkommen unempfindlich ist. Näheres über die Spreng-Gelatine werden wir bei den Nitroglycerin-Präparaten mitzutheilen haben.

Anhang. Das Celluloid und seine Fabrikation.***) Wer hätte wohl je gedacht, daß ein explosiver

*) „Handwörterbuch der Chemie", Band 2, Abth. III, redigirt von v. Fehling. Artikel: „Collodium".

**) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 192, S. 73.

***) „Wochenschrift des niederösterr. Gewerbe-Vereins", Band 39, S. 443; Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. pro 1877/78, S. 24.

Digitized by Google

Stoff zu prachtvollen Galanterie-Artikeln verarbeitet werden könne? Und doch ist dies seit kurzer Zeit zur Wahrheit geworden.

Das Celluloid ist nichts Anderes als eine unter starkem Druck verdichtete Mischung von Kampher mit einer Schießbaumwolle, deren chemische Zusammensetzung am meisten sich der Dinitrocellulose (Collodium) nähert.

Das Celluloid wurde von dem Amerikaner Hyatt im Jahre 1877 zum ersten Male dargestellt und dient als Ersatzmittel für Elfenbein, Schildpatt u. s. w.

Es wird fabricirt von der »Compagnie Franco-Americaine« in St. Denis bei Paris, welche Gesellschaft auch in Mannheim eine Filialfabrik besitzt.

Die Details seiner Fabrikation sind noch nicht genügend bekannt. Nach der einen Angabe wird das Celluloid in genannten Fabriken in großen Blöcken hergestellt, diese werden in Platten von gewünschter Stärke zersägt und roh oder polirt geliefert.

Beim Verarbeiten derselben unter Einwirkung von heißem Dampf wird durch auftröpfelndes Wasser eine zu starke Erhitzung verhindert. Diese Platten können mit dem Balancier auf dem Wärmetisch gepreßt und in beliebige Formen gebracht werden.

Nach anderen Angaben wird ungeleimtes Seidenpapier durch ein Gemisch von stärkster Salpetersäure und Schwefelsäure in Nitrocellulose übergeführt. Letztere hat, nachdem sie mit Wasser ausgewaschen wurde, eine knetbare Beschaffenheit. Sie wird mit einer beträchtlichen Quantität Kampher vermengt, das Gemenge einem starken Drucke ausgesetzt und scharf getrocknet. Hierauf soll die Masse erwärmt, in einander geknetet, dann wieder ausgepreßt zu dünnen Lamellen und daraus dann die mannigfaltigsten Gegenstände gefertigt werden.

Digitized by Google

Die Schönheit der Celluloid-Fabrikate ist überraschend. Es sind dies Platten von wunderbarer Elasticität, täuschend Elfenbein, Bernstein, Schildpatt, Malachit nachahmend; Korallen, die dem Aussehen nach von echten kaum zu unterscheiden sind, Kinderkämme, die, ohne zu zerbrechen, sich bequem nach allen Richtungen biegen lassen, Brillantenfassungen von außerordentlicher Eleganz und Leichtigkeit, Portemonnaiedeckel mit Metall-Intarsien.

Die Verwendungsfähigkeit des Celluloids ist in der That eine fast unbegrenzte. Der Kamphergeruch ist auch bei größeren Gegenständen durchaus nicht störend; derselbe tritt nur beim Reiben stärker hervor.

Das Celluloid läßt sich mit allen möglichen Werkzeugen sehr gut bearbeiten, wird bei 125 Grad C. plastisch und läßt sich in allen möglichen Formen biegen und zusammenkneten. Das Material ist je nach der Zusammensetzung und durch geeignete Zusätze härter und weicher zu erhalten.

Die Celluloid-Kämme sind außerordentlich haltbar, bewähren sich im Gebrauche ganz vortrefflich und dürften das Hartgummi wegen ihrer Unzerbrechlichkeit bald verdrängen.*) Die weißen, wie Elfenbein aussehenden Kämme sind von großer Güte und Eleganz.

Das Celluloid ist Nichtleiter der Elektricität und scheint deshalb als Bekleidungsmaterial für kupferne Leitungsdrähte zu telegraphischen Zwecken, statt der Guttapercha, noch eine große Zukunft zu haben.

*) Eine dieser entgegengesetzte Ansicht ist jedoch neuerdings von einem Praktiker in der „Chemiker-Zeitung" (Jahrg. 3, S. 35) ausgesprochen worden.

Digitized by Google

Einige andere Pyroxylin-Substanzen.*)

Man bezeichnet alle durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf Cellulose oder Holzfaser (Baumwolle, Papier, Holzspäne, Stroh u. s. w.) entstehenden Nitroverbindungen mit dem Namen »Pyroxyline«.**) Nachdem wir nunmehr die wichtigsten Pyroxyline — die aus Baumwolle erhaltenen — besprochen haben, sei auch ein kurzer Blick auf die aus Papier, Holz und Holzabfällen durch Behandeln mit starker Salpetersäure erhaltenen Pyroxyline geworfen.

Pyropapier. Das sogenannte Pflanzenpapier wird durch zwei Minuten langes Eintauchen in ein Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure in das Pyropapier übergeführt, welches zuerst mit Wasser, dann ammoniakhaltigem Wasser und schließlich wieder mit Wasser ausgewaschen und dann getrocknet wird. Das Pyropapier hat in Zündnadelgewehren Anwendung zu Zündspiegeln gefunden.

Schultze'sches Pulver.***) Dasselbe wurde vor etwa 15 Jahren unter dem Namen „weißes Schieß- und Sprengpulver" in den Handel gebracht. Es wurde von dem Artillerie-Hauptmann E. Schultze (zu Potsdam) erfunden.

Die Grundsubstanz des Schultze'schen Pulvers ist nitrirte, zuvor gereinigte Holzfaser. Die Reinigung des

*) Vergleiche „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" bearbeitet von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874, Abth. II, S. 44; Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Dr. Stohmann und Kerl, 2. Aufl., Band 4, S. 1215—1217.

**) Jedoch versteht man unter „Pyroxylin" speciell auch neuerdings die Schießbaumwolle und bezeichnet dann das Collodium als „lösliches Pyroxylin".

***) R. v. Wagner's „Jahresber." 1864, S. 251.

Digitized by Google

Holzes hat noch weit eingehender, als die der Baumwolle bei der Schießbaumwolle-Fabrikation zu geschehen. Denn während die Baumwolle fast reiner Holzstoff (Cellulose) ist, enthält das Holz eine beträchtliche Menge anderer Bestandtheile (Saftbestandtheile, Farb-, Extractiv- und Mineralstoffe, inkrustirende Substanzen), wie wir bereits Gelegenheit hatten, bei der Pulverkohlen-Fabrikation zu erwähnen.

Schultze's Verfahren ist nun folgendes: Hartes Holz wird in dünne Blätter und diese in regelmäßige Körner zerschnitten, welche wiederholt mit verdünnter Sodalösung gekocht, ausgewaschen, dann mit Dampf behandelt, abermals mit Wasser gewaschen und schließlich getrocknet werden. Nunmehr werden die so vorbereiteten Holzkörner mit Chlorkalk gebleicht, ausgewaschen, getrocknet und in das Säuregemisch eingetragen.

Das Säuregemisch besteht aus 28·5 Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·48 bis 1·5) und 71·5 Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·84). In 100 Theile dieses Gemisches werden 6 Theile der nach obiger Methode gereinigten Holzkörner eingetragen und 2—3 Stunden lang gut umgerührt. Es ist hierbei durch passende Abkühlung Sorge zu tragen, daß das Gemisch sich nicht erwärme.

Nach Ablauf von 2—3 Stunden wird die nitrirte Holzsubstanz in einer Centrifuge ausgeschleudert, die ausgeschleuderte Masse gewaschen, mit verdünnter Sodalösung gekocht, wieder gewaschen und schließlich getrocknet.

Das getrocknete Präparat wird in einer Lösung von Kalisalpeter getränkt und sodann bei 32—44 Grad nochmals getrocknet. Auf 100 Theile der nitrirten Holzkörner nimmt man 26 Theile Kalisalpeter (oder 22½ Theil desselben und 7½ Theile Barytsalpeter) und 220 Theile Wasser.

Digitized by Google

Das fertige Pulver wird feucht aufbewahrt und vor dem Gebrauch getrocknet. Es soll zwei- bis dreimal stärkere Wirkung als das Schießpulver haben. Der im Vergleich zu Schießpulver zwar höhere Preis soll durch diese größere Wirkung mehr wie ausgeglichen werden.

Beim Verbrennen hinterläßt es wenig Rückstand und keinen Rauch. Die Explosionsgase sollen die Athmungsorgane nur wenig belästigen.

Die in der Praxis angestellten Versuche mit dem Schultze'schen Pulver fielen jedoch im Allgemeinen nicht günstig aus. In der Schweiz versuchte man, das neue Pulver in Stutzen anzuwenden. Es wurde bei den Schießproben zwar stets nur wenig Rauch und Rückstand beobachtet, jedoch war letzterer sehr schwer zu entfernen.

Besser bewährte sich das Schultze'sche Pulver bei den Sprengversuchen im Saarbrück'schen und Mansfeldischen.*) Namentlich ist ein mit der Anwendung dieses Pulvers verbundener Vortheil, daß in Folge der geringen Rauchbildung der Betrieb in den Gruben nur kurze Zeit unterbrochen zu werden braucht. Jedoch ist der Preis des Pulvers ein verhältnißmäßig zu hoher und die Handhabung desselben in Folge der anzuwendenden großen Volumina eine beschwerliche.

Lannoy's weißes Pulver.**) Holz oder Sägemehl wird durch Behandlung mit starker Salpetersäure nitrirt und 22 Theile der so erhaltenen Nitrocellulose mit 65 Theile Natronsalpeter und 13 Theile Schwefel vermischt.

Als ein Vorzug desselben wird genannt, daß es das zu sprengende Gestein ohne bedeutende Erschütterung zerreiße

*) „Berg- und hüttenm. Ztg." 1864, S. 236 und 348.

**) „Polyt. Centralbl." 1860, S. 343; R. v. Wagner's „Jahresber." 1860, S. 207.

Digitized by Google

und Bruchstücke davon nicht weit umherwerfe. Es ist schwer entzündlich und brennt langsam weiter.

Die bei Altenberg (in der Nähe von Aachen) angestellten Versuche fielen nicht günstig aus. Als einziger wirkliche Vortheil dieses Pulvers muß seine relativ gefahrlose Handhabung bezeichnet werden. Dagegen ist es sehr theuer und hinterläßt einen starken und stinkenden Qualm bei der Explosion.

Weißes Pulver von Uchatius (Nitrostärke).*) Gleiche chemische Zusammensetzung wie der Holzstoff (Cellulose) besitzt die Stärke, welche gleichfalls durch Behandeln mit starker Salpetersäure in eine explosive Nitroverbindung, die Nitrostärke, sich verwandelt.

Aus dieser Substanz besteht das Pulver von Uchatius. Zur Bereitung desselben löste Uchatius 1 Gewichtstheil Kartoffelstärke in 8 Theilen rauchender Salpetersäure unter Abkühlung. Die dickflüssige Lösung wurde in dünnem Strahl in 16 Theile concentrirte Schwefelsäure unter tüchtigem Umrühren gegossen. Der entstandene Brei bleibt zwölf Stunden stehen und wird alsdann wiederholt abwechselnd mit reinem und sodahaltigem Wasser gewaschen. Schließlich wird das weiße Pulver bei 50 bis 60 Grad getrocknet.

Das Uchatius'sche Pulver hat sich nicht bewährt. Es ist stark hygroskopisch (Feuchtigkeit anziehend) und äußert in Schießwaffen zu starke, brisante Wirkungen.

Anhang zu den Pyroxylin-Substanzen.

Ebenso wie die Cellulose und die mit ihr gleich zusammengesetzte Stärke, geben auch die in ihrer chemischen Zusammensetzung der Cellulose sich nähernden verschiedenen

*) Dingler's „Polytechn. Journ." Band 161, S. 146; Band 174, S. 385.

Digitized by Google

Zuckerarten explosive Nitroverbindungen beim Behandeln mit starker Salpetersäure.

So kennt man einen Nitrorohrzucker, mit dessen weingeistiger Lösung man vorgeschlagen hat, das gewöhnliche Schießpulver zu überkleiden, um letzterem auf diese Weise einen wasserdichten Firniß und zugleich vermehrte Explosivität zu verleihen. Auch ein Nitromilchzucker ist bekannt.

Eine zukünftige Bedeutung scheint der Nitromannit (Knallmannit)*) zu haben. Er wird aus der im Pflanzenreich weit verbreiteten, hauptsächlich im Safte der Mannaesche sich findenden Zuckerart des Mannits durch Behandlung mit Salpeterschwefelsäure erhalten.

Man löst den Mannazucker in vier Theilen Salpetersäure, ohne zu erwärmen, und setzt englische Schwefelsäure zu, bis keine Ausscheidung mehr erfolgt. Das ausgeschiedene Product wird gut ausgewaschen und bei 40 Grad getrocknet.

Der Knallmannit besteht in reinem Zustande aus schneeweißen nadelförmigen Krystallen, die in heißem Alkohol und auch in Aether löslich sind.

Der Knallmannit ist ein äußerst stark explodirender Stoff. Er nähert sich hierin dem Knallquecksilber. Schon durch mäßigen Schlag verpufft er; dagegen ist er für Reibung und Erwärmung nicht so empfindlich wie Knallquecksilber. Er besitzt also mit letzterem den Vortheil leichter Entzündlichkeit und starker Wirkung, ohne den Nachtheil des Knallquecksilbers, ein äußerst gefährlich zu handhabender Explosivstoff zu sein, zu theilen. Man hat deshalb den Knallmannit zur gefahrloseren Füllung von Zündhütchen vorgeschlagen.

Allem Anscheine nach wird der Knallmannit — auch trotz seiner angeblichen leichten Zersetzbarkeit bei längerem Lagern — noch eine Zukunft haben.

*) Liebig, „Jahresber." Band 2, S. 460, 467 und 469.

Digitized by Google

Nitroglycerin.

Geschichtliches.*) Das Nitroglycerin (Sprengöl) wurde von A. Sobrero in Pelouze's Laboratorium zu Paris im Jahre 1847 entdeckt. Sobrero machte auf die explosiven Eigenschaften dieses neuen Körpers aufmerksam und nannte ihn Pyroglycerin.

Lange Zeit hatte diese Entdeckung Sobrero's keine weiteren Folgen. Höchstens stellten zuweilen Chemiker das Pyroglycerin vorsichtig und in kleinsten Mengen in ihren Laboratorien dar, um die Eigenschaften desselben zu studiren.

Mittlerweile hatte das Pyroglycerin unter dem Namen Glonoin in Nord-Amerika eine beschränkte Verwendung als Arzneimittel gefunden, eine Benutzung für technische Zwecke wurde jedoch auch von den praktischen Amerikanern nicht versucht. Theils übersah man die so werthvollen Eigenschaften des Sprengstoffes, theils schreckte seine unheimliche explosive Gewalt von einer fabriksmäßigen Bereitung ab.

Da faßte im Jahre 1863 der schwedische Ingenieur Alfred Nobel den Muth — denn eine muthige That war es wirklich — diesen inzwischen Nitroglycerin benannten Sprengstoff in großartigem Maßstabe zu fabriciren. Er fand eine leicht ausführbare und verhältnißmäßig gefahrlose

*) Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl, 2. Aufl., Band 4, S. 431; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Braunschweig 1874. Abth. II, S. 51.

Digitized by Google

Methode zur Herstellung des Nitroglycerins, sowie ein Verfahren, dasselbe auch in geschlossenen Räumen leicht und sicher zur Explosion zu bringen.

Zwei Nitroglycerin-Fabriken wurden nunmehr von A. Nobel & Comp. bei Stockholm und bei Lauenburg errichtet. Das Nitroglycerin fand bald in Deutschland, England, Schweden und Amerika Anwendung als Sprengstoff. In den Jahren 1863—1865 wurden von Nobel zahlreiche Patente auf »Nobel's Patent-Sprengöl« in den verschiedenen Ländern Europas genommen. Kurz, das Sprengöl wurde rasch bekannt und beliebt, und die Fabriken konnten der täglich steigenden Nachfrage kaum genügen.

Da trafen plötzlich aus den verschiedensten Welttheilen Mittheilungen ein über entsetzliche Unglücksfälle, welche durch unbeabsichtigte Explosion von Nitroglycerin herbeigeführt worden waren. Nobel's eigene Fabrik zu Stockholm flog 1864 in die Luft; im Hafen von Aspinwall, am östlichen Ausgangspunkt der Panama-Eisenbahn in Central-Amerika, explodirte 1866 auf dem Dampfer »European« die aus Nitroglycerin und Kriegsmunition bestehende Ladung, wobei nicht nur dieses Schiff, sondern auch andere Schiffe, Quais und daran liegende Gebäude zerstört und zahlreiche Menschen getödet wurden. Aehnliche Explosionen kamen in England, Sidney und San Francisco vor, und die Tageblätter füllten sich mit den Beschreibungen der wahrhaft grauenhaften Zerstörungen, die hierbei das explodirende Nitroglycerin anrichtete. In Schweden und Belgien wurde die Fabrikation des Nitroglycerins *) verboten. Die anfänglich von dem neuem Sprengstoff gehegte günstige Meinung schlug in das

*) Der Gebrauch von reinem Nitroglycerin ist auch gegenwärtig noch in England durch Parlaments-Acte verboten.

Digitized by Google

Gegentheil um und viele Stimmen wurden laut, welche energisch ein allgemeines gesetzliches Verbot der Fabrikation und des Gebrauches von Nitroglycerin verlangten.

Es gehörte gewiß ein nicht gewöhnliches Maß von Muth und Thatkraft dazu, um unter solchen Umständen gegen die herrschende Meinung die Sache des Nitroglycerins weiter zu verfechten und an dem endlichen Erfolg desselben nicht zu verzweifeln. Nobel's hohes Verdienst wird es stets bleiben, daß er trotz der ungünstigsten Verhältnisse unerschrocken sein Ziel weiter verfolgte.

Er stellte zunächst Versuche in Schweden und bei Hamburg in Gegenwart zahlreicher Ingenieure und Chemiker an, um zu zeigen, daß die vorgekommenen traurigen Explosionen größtentheils grenzenloser Unvorsichtigkeit zuzuschreiben seien und daß vielmehr das Nitroglycerin bei richtiger Handhabung nicht gefährlicher sei als das gewöhnliche Schießpulver. Er erfand ferner ein Verfahren, dem Nitroglycerin durch Auflösen in Holzgeist (Methylalkohol) seine Explosionsfähigkeit für beliebig lange Zeit zu nehmen. Einfacher Wasserzusatz scheidet aus dieser Auflösung das Nitroglycerin mit unveränderten Eigenschaften wieder aus. Es gelang ihm endlich, dem Nitroglycerin einen großen Theil seiner Gefährlichkeit dadurch zu nehmen, daß er dasselbe von porösen Körpern (wie Infusorienerde) aufsaugen ließ.

Diese mit Nitroglycerin getränkten und Dynamite genannten Aufsaugestoffe lehrte Nobel auf sichere und gefahrlose Weise durch die Detonation eines Zündhütchens zur Explosion zu bringen.

Im Jahre 1866 wurde zum ersten Male Dynamit zum Sprengen angewendet. Die Verwendung desselben stieg von Jahr zu Jahr und heute sind die Dynamite bereits das herrschende Sprengmittel geworden, welche das Schwarzpulver

Digitized by Google

und die zahlreichen anderen explosiven Stoffe auf dem Gebiete der Sprengtechnik immer mehr verdrängen.

Die großen Verbesserungen, welche in letzter Zeit in der Fabrikation von Nitroglycerin und den verschiedenen Dynamiten gemacht wurden, haben nicht wenig dazu beigetragen, die auch in Zukunft leider nicht zu vermeidenden Unglücksfälle auf ein geringes Maß zu reduciren. Versuche, die von Sprengtechnikern ersten Ranges ausgeführt wurden, haben die große Gefahrlosigkeit des Transports, der Aufbewahrung und Handhabung der Dynamite dargethan.*)

Die Fabrikation des Nitroglycerins. Das Nitroglycerin wird aus dem Glycerin auf ähnliche Weise gewonnen wie die Schießbaumwolle aus der Baumwolle. In beiden Fällen kommt ein aus concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure bestehendes Säuregemisch zur Anwendung. Bevor wir zur Besprechung der Fabrikation des Nitroglycerins indessen übergehen, sei hier mit einigen Worten der Mutterjubstanz desselben, des Glycerins und seiner Eigenschaften gedacht.

Das Glycerin,**) früher »Oelsüß« genannt, wurde im Jahre 1779 von Scheele bei der Bereitung des Bleipflasters gefunden. Erst 40 Jahre später erhielt es durch Chevreul den Namen Glycerin und wurde von diesem Chemiker als die Grundsubstanz sämmtlicher Neutralfette erkannt. Aber erst zu Anfang der Sechziger-Jahre fing es an, als Handelsartikel eine bescheidene Rolle zu spielen. Die

*) Näheres hierüber siehe in den folgenden Abschnitten „Dynamit", „Transport der explosiven Stoffe" und „Die praktischen Anwendungen der explosiven Stoffe".

**) Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 209, S. 145, sowie nach directen Mittheilungen von F. A. Sarg's Sohn & Comp. zu Liesing bei Wien.

Digitized by Google

Zerlegung des Fettes durch hochgespannten Dampf in Autoclaven giebt die größte und qualitativ beste Ausbeute. Bei der »sauren« Verseifung der Fette durch Schwefelsäure dagegen wird das Glycerin theilweise zerstört und etwas bräunlich gefärbt. Derartiges mit anderen Producten verunreinigtes Glycerin ist für die Nitroglycerin-Fabrikation nicht zu verwenden.

Zur Gewinnung des Glycerins wird das von den Fettsäuren gesonderte wässerige Glycerin bis zu einem gewissen Concentrations-Grade eingedampft und dann der Raffination unterzogen.

Das für die Nitroglycerin-Fabrikation verwendete Glycerin muß absolut farb- und geruchlos und von jedem auf Verunreinigungen hinweisenden Nebengeschmack frei sein, es muß mit einem Worte ein chemisch reines Product sein. Das von der Glycerin-Fabrik F. A. Sarg's Sohn & Comp. in Liesing bei Wien fabricirte Glycerin besitzt Weltruf und ist gegenwärtig unstreitig das beste, im Handel vorkommende Product.

Das Glycerin krystallisirt unter gewissen Bedingungen, und werden dabei alle Unreinigkeiten in den flüssig bleibenden Mutterlaugen concentrirt und ausgeschieden, (in ganz ähnlicher Weise, wie dies beim Gefrieren des Wassers von dem englischen Physiker Tyndall*) beobachtet wurde). Im Jahre 1867 wurden zum ersten Male Glycerin-Krystalle beobachtet, indem man den Inhalt eines mit Glycerin gefüllten Fasses vollkommen gefroren fand. Im Jahre 1871 gelang es Professor Kraut in Hannover, das Glycerin in beliebigen Quantitäten zu krystallisiren und hierbei zu reinigen. Derselbe verkaufte sein Verfahren an die Glycerin-Fabrik

*) John Tyndall „Das Wasser". Leipzig, Brockhaus. 1873.

Digitized by Google

von Sarg zu Liesing bei Wien, und letztere ließ sich die Methode in Oesterreich, England und Rußland patentiren.

Die Krystallisation des Glycerins erfolgt in Blechgefäßen, welche das Ablösen der Krystalle leicht gestatten. Diese letzteren werden in einer Centrifuge (1200 Umdrehungen, 15 Minuten Schleuderzeit) von anhaftender Mutterlauge befreit, getrocknet und wieder geschmolzen. Bei Rohglycerin wird die Krystallisation nochmals wiederholt.

Bei diesem Krystallisations-Processe ist die Temperatur insofern auf die erhaltene Ausbeute von großem Einfluß, als bei mehr als + 2 Grad C. die Mutterlaugen über 30 Percent des angewandten Glycerins ausmachen. Die Rentabilität des Verfahrens ist also durch milde Winter, wie derjenige von 1872—1873 war, in Frage gestellt (im Sommer wird das Krystallisiren des Glycerins nicht vorgenommen).

Was die Prüfung*) des zur Nitroglycerin-Fabrikation verwendeten Glycerins betrifft, so erstreckt sich dieselbe auf das specifische Gewicht, Farbe, Geschmack und Geruch, sowie auf das zu beobachtende Verhalten gegen chemische Reagentien.

Das Glycerin deutscher Provenienz besitzt zwar wasserhelle Farbe, aber fettigen Geschmack und stark fettigen Geruch.**) Beim Versetzen mit Schwefelsäure zeigt das deutsche Glycerin eine schwache Färbung und der Fettgeruch wird noch intensiver. Bei Zusatz von Chlorbaryum oder oxalsaurem Ammoniak tritt schwache Trübung ein; eingetauchtes blaues Lackmuspapier wird nach längerem Stehen schwach

*) „Pharmacentical Journal and Transactions", Nov. 1873, S. 424; Dingler's „Polytechn. Journ." Band 211, S. 399.

**) Diese Charakteristik des deutschen Glycerins ist schon einige Jahre alt und dürfte jetzt in mancher Hinsicht in Folge verbesserter Fabrikation nicht mehr zutreffend sein.

Digitized by Google

geröthet; die Summe der festen Bestandtheile beträgt 0·0085 Percent. Im Gegensatze hierzu giebt das reine Sarg'sche Glycerin mit allen genannten Reagentien keine Trübung oder sonstige Veränderung; es ist ohne Geruch und von rein süßem Geschmack. Das Sarg'sche reine Glycerin enthält 0·0032 Percent, das chemisch reine nur 0·0004 Percent feste Bestandtheile.

Einen Wassergehalt des Glycerins erkennt man an dem specifischen Gewichte desselben. Man ermittelt zu diesem Zwecke entweder das Gewicht von 1 Liter Glycerin oder man taucht ein Baumé'sches Aräometer in das Glycerin und liest die Grade Baumé ab. Die stattfindende Beziehung zwischen dem specifischen Gewicht des Glycerins, den Graden Baumé und dem Wassergehalte ist aus folgender Tabelle, die für Nitroglycerin-Fabrikanten, sowie für Alle, welche Glycerin in größeren Mengen anwenden, von Wichtigkeit ist, ersichtlich.

Gewicht eines Liters Glycerin (in Gramm)	Grade des Baumé'schen Aräometers	Wassergehalt in 100 Theilen Glycerin	Gewicht eines Liters Glycerin (in Gramm)	Grade des Baumé'schen Aräometers	Wassergehalt in 100 Theilen Glycerin
1264·0	31·2	—	1248·0	29·8	6·0
1262·5	31·0	0·5	1246·5	29·7	6·5
1261·2	30·9	1·0	1245·5	29·6	7·0
1260·0	30·8	1·5	1244·0	29·3	7·5
1258·5	30·7	2·0	1242·7	29·2	8·0
1257·2	30·6	2·5	1241·2	29·0	8·5
1256·0	30·4	3·0	1240·0	28·9	9·0
1254·5	30·3	3·5	1239·0	28·8	9·5
1253·3	30·2	4·0	1237·5	28·7	10
1252·0	30·1	4·5	1236·2	28·6	10·5
1250·5	30·0	5·0	1235·0	28·5	11
1249·0	29·9	5·5	1233·5	28·4	11·5

Digitized by Google

Gewicht eines Liters Glycerin (in Gramm)	Grade des Baumé'schen Aräometers	Wassergehalt in 100 Theilen Glycerin	Gewicht eines Liters Glycerin (in Gramm)	Grade des Baumé'schen Aräometers	Wassergehalt in 100 Theilen Glycerin
1232·2	28·3	12	1220·2	27·0	16·5
1230·7	28·2	12·5	1219·0	26·9	17
1229·5	28·0	13	1217·7	26·8	17·5
1228·0	27·8	13·5	1216·5	26·7	18
1227·0	27·7	14	1215·0	26·5	18·5
1225·5	27·6	14.5	1213·7	26·4	19
1224·2	27·4	15	1212·5	26 3	19·5
1223·0	27·3	15·5	1211·2	26·2	20
1221·7	27·2	16	1210·0	26·0	20·5.

Das im Handel vorkommende Glycerin enthält gewöhnlich 2—6 Percent Wasser (ein Liter desselben wiegt also alsdann nach unserer Tabelle 1258·5—1248 Gramm).

Wir wenden uns nunmehr nach dieser zum vollen Verständniß der Nitroglycerin-Fabrikation nothwendigen Abschweifung zu den einzelnen Darstellungsmethoden des Nitroglycerins.

Sobrero*) stellte sich das Nitroglycerin im Kleinen in der Weise her, daß er in ein abgekühltes Gemisch von 2 Theilen Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·831) und 1 Theil Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·525) unter Umrühren $^1/_2$ Volumen Glycerin allmälich eingoß und Erwärmung vermied. Nach Abscheidung des entstehenden Oeles wurde das Ganze in das fünfzehn- bis zwanzigfache Volumen kalten Wassers geschüttet, das am Boden als specifisch schwere Flüssigkeit**) sich ausscheidende, in Wasser fast unlösliche

*) „Ann. d. Chem. u. Pharm." Band 64, S. 398.

**) Das Nitroglycerin hat ein specifisches Gewicht von 1·6.

Digitized by Google

Nitroglycerin sorgfältig ausgewaschen und zuletzt im luftverdünnten Raume getrocknet.

Nobel's Verfahren,*) nach welchem zuerst das Nitroglycerin in großem Maßstabe fabricirt wurde, war ursprünglich folgendes: Er löste 1 Theil Kalisalpeter in $3^1/_2$ Theilen Schwefelsäure auf und hielt dieses Säuregemisch in großen Mengen vorräthig. Die Mischung wurde auf Null Grad abgekühlt, wobei fast alles Kali als saures schwefelsaures Kali auskrystallisirte. Das gewonnene, von den ausgeschiedenen Krystallen getrennte Gemisch fließt mit der geeigneten Menge Glycerin durch ein Rohr in ein Gefäß, in welchem durch tüchtiges Umrühren die Mischung vollendet wird. Abkühlung während des Umrührens ist kaum nöthig. Das gebildete, am Boden des Gefäßes sich ablagernde Nitroglycerin wird sorgfältig gewaschen und getrocknet.

Rudberg**) (in Stockholm) hat folgenden einfachen Apparat zur ununterbrochenen und gefahrlosen Darstellung des Nitroglycerins empfohlen.

Das Säuregemisch kommt nach vollständigem Erkalten in das Gefäß 1 (Fig. 16), das Gefäß 2 enthält das Glycerin, Gefäß 3 wird mit kaltem Wasser gefüllt.

Durch die mit den Hähnen a und b versehenen Abflußröhren A und B communiciren die Gefäße 1 und 2 mit einem Kasten C, welcher entweder pendelartig aufgehängt ist, oder auf Rädern ruht, so daß demselben mit einer Lenkstange und einer Kurbel, wie aus den punktirten Linien ersichtlich, eine continuirliche, hin- und hergehende Bewegung ertheilt werden kann.

In dem Trichterrohr des Kastens C ist ein Thermo-

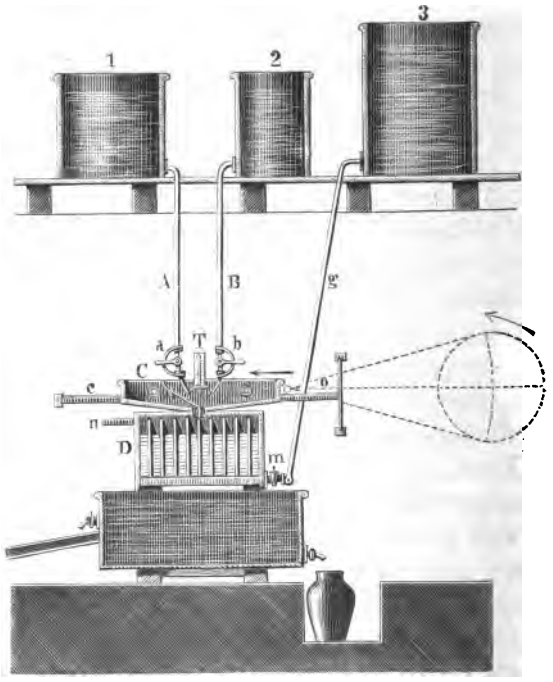
*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 183, S. 221.
**) Ebendaselbst, Band 187, S. 207.

Digitized by Google

meter angebracht, an welchem die durch die Reaction erzeugte Temperatur abgelesen werden kann.

Das im Gefäß 3 befindliche Wasser fließt durch das mit dem Hahn m versehene Rohr g in einen mit Blei aus-

Fig. 16.



gefütterten, mit treppenartig vertheilten Fächern versehenen, und von einem Holztrog wasserdicht umschlossenen Canal D.

Man beginnt die Operation damit, daß man zuerst den Canal D durch Oeffnen des Hahnes m mit Wasser umgiebt. Hierauf läßt man langsam das Säuregemisch in den

Digitized by Google

Trichter C fließen und setzt diesen dabei in oscillirende Bewegung, so daß sein Rohr sich abwechselnd über den verschiedenen Fächern des Canals D befindet.

Sobald die Säure aus allen diesen Fächern gleichzeitig herauszurinnen beginnt, läßt man Glycerin hinzufließen und mit der Säure sich mischen. Die chemische gegenseitige Einwirkung zwischen Glycerin und Salpetersäure tritt sofort ein; sie ist beendigt, sobald das Gemisch den Canal D passirt hat (derselbe ist durch Wasserzufluß stets kalt zu halten).

Nunmehr läßt man das erhaltene Gemisch in den Behälter 4 abfließen, welcher mit Wasser gefüllt ist. Das Nitroglycerin scheidet sich als schwere Flüssigkeit am Boden aus und wird wie gewöhnlich sorgfältig ausgewaschen.

Die Temperatur steigt im Rudberg'schen Apparat nie über 30 Grad C.

Mowbray's Verfahren der Nitroglycerin-Fabrikation.*) Dasselbe ist unstreitig das vorzüglichste aller bis jetzt bekannt gewordenen Fabrikations-Verfahren.

Mowbray sah zuerst die ungeheure Wichtigkeit der Anwendung chemisch reinen Glycerins und der Reinigung des sich bildenden Nitroglycerins von salpetriger Säure, sowie des gebildeten Nitroglycerins von der anhaftenden Säure ein. Das Mowbray'sche Nitroglycerin ist in Folge der großen Sorgfalt, welche auf seine Reinheit verwendet wird, sehr viel weniger gefahrvoll zu handhaben als das nach den gewöhnlichen Methoden erzeugte Nitroglycerin. Deshalb nimmt auch der Gebrauch von Nitroglycerin als solchem zu

*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 192, S. 172 und Band 206, S. 184 („Ein Besuch in der Nitroglycerinfabrik von G. M. Mowbray bei North Adams in Massachusetts", geschildert von Adolf Ott in New York).

Digitized by Google

Sprengzwecken in Amerika eher zu als ab, während bekanntlich in Europa der Gebrauch des Sprengöles für sich theils ganz verboten (wie in England), theils auf ein äußerst geringes Minimum beschränkt ist.*)

Das Säuregemisch stellt Mowbray auf folgende Art dar. In einer gut ventilirten Gebäulichkeit von 150 Fuß Länge befinden sich fünf Retorten von je 22 Kubikfuß Inhalt von welchen jede mit 300 Pfund Natronsalpeter und 375 Pfund englischer Schwefelsäure beschickt wird.

Thönerne Röhren leiten die Dämpfe von jeder Retorte in eine Reihe von vier Steinzeugvorlagen, welche 3 Fuß über dem Boden auf einem Gerüste aufgestellt sind. In die beiden ersten gießt man je 150 Pfund Schwefelsäure, in die dritte 100 Pfund, die vierte bleibt leer. Die aus dem Gemisch von Natronsalpeter und Schwefelsäure sich entwickelnde Salpetersäure wird in den drei Vorlagen condensirt, wodurch man sofort das zur Nitrirung erforderliche Säuregemisch erhält.

Die Destillation dauert etwa 24 Stunden. Nach Ablauf dieser Zeit wird das aus circa 600 Pfund bestehende Säuregemisch in Ballons abgezogen und von da in einen Trog von Seifenstein entleert, der 18 Ballons faßt.

Zur Entfernung der Untersalpetersäure in diesem Säuregemisch, sowie zur Erzielung einer gleichmäßigen Mischung, läßt Mowbray durch eine eiserne Röhre ungefähr fünf Minuten einen Luftstrom in den Trog streichen, wodurch der beabsichtigte Zweck vollkommen erreicht wird.

Früher wurde die Säure zur Verflüchtigung der Unter-

*) Man kann wohl sagen, daß in Europa das flüssige Sprengöl so gut wie gar nicht mehr angewendet wird. Ob seine gesteigerte Anwendung in Amerika nur eine vorübergehende ist, hervorgerufen durch die rationelle Mowbray'sche Fabrikation, oder ob der Gebrauch des flüssigen Nitroglycerins in Amerika sich erhalten wird, bleibt abzuwarten.

Digitized by Google

salpetersäure in Glasgefäßen erhitzt, was jedoch im Vergleich zu der Behandlung mit Luft als sehr zeitraubend und umständlich befunden wurde. Durch das Einleiten von Luft gewinnt man eine vollkommen klare und reine Säure, was für die Fabrikation von großer Wichtigkeit ist, indem die Anwesenheit von Untersalpetersäure, *) sowie von salpetriger Säure höchst wahrscheinlich freiwillige Zersetzung, respective Explosion verursachen kann.

Daß man in Europa auf die Reinheit des Säuregemisches bis vor Kurzem noch vielfach wenig oder gar keinen Werth legte, sieht man bei der Lectüre von Beschreibungen einzelner Fabrikationsmethoden, worin zum Beispiel gesagt wird, daß die zur Nitrirung verwendete Säure »stark roth« und »reich an Untersalpetersäure« sei. In jüngster Zeit hat sich indessen in Europa die Erkenntniß Bahn gebrochen, daß die Mowbray'sche Nitroglycerin-Fabrikation entschieden die rationellste sei, und viele Fabrikanten haben nunmehr dieses Verfahren in seinem Princip adoptirt.

Wir kommen nunmehr zur Herstellung des Mowbray'schen Nitroglycerins aus dem so behandelten Säuregemisch und Glycerin.

Der Raum (»Nitrirhaus«), in welchem diese Operation vor sich geht, ist 150 Fuß lang. In demselben befinden sich neun hölzerne Tröge und in diesen 116 Steinzeugkrüge. In jeden Steinzeugkrug werden 17 Pfund des Säuregemisches gegossen und die Tröge selbst werden mit eiskaltem Wasser

*) Die neuesten Untersuchungen von Prof. G. Lunge in Zürich („Ueber das Verhalten der Säuren des Stickstoffes zur Schwefelsäure" in den Berichten der deutsch-chemischen Gesellschaft 1879, S. 1058) machen es wahrscheinlich, daß nur salpetrige Säure, aber keine Untersalpetersäure in dem Säuregemisch von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure enthalten sein kann.

Digitized by Google

oder einem Gemisch von Eis und Salz, bis zu 4 Zoll von dem Rande der Säuregefäße gefüllt.

Auf Brettern oberhalb der Tröge befinden sich Glasgefäße, je eines zu einem Steinzeugtopf. In jedes Glasgefäß kommen 2 Pfund reines Glycerin. Letzteres wird mittelst eines Hebers und mit einem Gummischlauche Tropfen für Tropfen in das zugehörige Säuregemisch eingeführt.

Unterhalb der Bretter, auf denen die Glycerintöpfe stehen, geht eine eiserne Röhre von $2^1/_2$ Zoll Durchmesser entlang, durch welche kalte und getrocknete Luft strömt, die, während Säure und Glycerin sich mischen, durch 16 Zoll lange und $^1/_4$ Zoll weite Glasröhren in das Gemisch eingeführt wird. Die einströmende Luft mischt die Säure und das Glycerin innig durcheinander, kühlt zugleich die Flüssigkeit ab und befreit sie von salpetriger Säure.

Es wird durch diese Anordnung nicht allein Material erspart, sondern es wird auch die Ausbeute vermehrt und ein chemisch-reines Product erzeugt, was durch die Thatsache bewiesen ist, daß das auf diese Weise dargestellte Nitroglycerin vollkommen farblos ist, stets bei einem und demselben Grade krystallisirt und bei der Explosion keine der Gesundheit des Arbeiters schädliche Gase bildet. Salpetrige Säure, welche das Nitroglycerin (ebenso wie auch die Schießwolle) zur freiwilligen Zersetzung und Explosion geneigt macht, ist aus dem Mowbray'schen Nitroglycerin absolut entfernt.

Das in den Glasgefäßen befindliche Glycerin bedarf $1^1/_2$ Stunden zum Abfließen und ist während dieser Zeit die größte Vorsicht und Aufmerksamkeit erforderlich. Die drei den Mischungsproceß beaufsichtigenden Arbeiter schreiten mit dem Thermometer in der Hand unaufhörlich auf und ab, und wie sie finden, daß in einem der Töpfe die Temperatur steigt,

Digitized by Google

so rühren sie die Mischung mit der Glasröhre, durch welche die Luft einströmt. Ein solches stärkeres Erwärmen findet zuweilen statt, wenn das Glycerin ein bischen zu stark fließt, in welchem Falle man den Zufluß vermindert.

Ist die Umwandlung zu Nitroglycerin beendet und entweichen keine rothen Dämpfe mehr, so werden die Krüge in eine Kufe geleert, welche Wasser von 21 Grad C. enthält. Das Quantum beträgt jedesmal 450 Pfund. In dieser Kufe sinkt das Oel zu Boden und wird von ungefähr 6 Fuß Wasser bedeckt.

Hier bleibt es 15 Minuten, um nachher von Unreinigkeiten befreit zu werden. Da das Reservoir durch den Boden in ein unteres Gemach geht und der Boden geneigt ist, so kann das Oel leicht abgezogen werden, jedoch läßt man das Wasser zuerst abfließen, worauf das Oel in einen schwingenden Bottich, der einem altmodischen Butterfaß nicht unähnlich, jedoch nur viel größer ist, abgezogen wird.

In diesem Bottich wird es fünfmal gewaschen, dreimal mit bloßem Wasser, zweimal mit verdünnter Sodalösung, gleichzeitig läßt man einen Strom Luft durchstreichen.

Das Wasser von dieser Waschvorrichtung läßt man in einen Bottich und von diesem durch zwei in der Erde vergrabene Fässer laufen, von wo es seinen Weg in's Freie findet. Sollte etwas Oel mit dem Waschwasser weggeschwemmt worden sein, so findet man dasselbe in einem oder dem anderen der Fässer wieder.

Hierauf wird das Nitroglycerin in kupfernen Gefäßen nach einem 300 Fuß entfernten Magazin geschafft, in welchem es in Steinzeuggefäße, die je 60 Pfund halten (sogenannte »Crocks«) entleert wird. Diese werden in ein hölzernes Reservoir von $2^1/_2$ Fuß Tiefe gestellt, das ungefähr 20 Töpfe hält. Dieselben stehen in Wasser von 21 Grad, das bis zu

Digitized by Google

einer Höhe von 6 Zoll von dem Rande der Töpfe reicht. Hierin verbleiben sie für 72 Stunden, während welcher Zeit Unreinigkeiten, die sich etwa in dem Oele vorfinden mögen, als Schaum auf die Oberfläche steigen, der mit einem Löffel abgeschöpft werden kann.

Nach dieser Behandlung ist das Nitroglycerin chemisch rein, durchsichtig wie Wasser und stark lichtbrechend, sowie zum Verpacken fertig.

Es kommt nun in Weißblechkannen, die für je 56 Pfund bestimmt und inwendig mit Paraffin überzogen sind. Man stellt sie zum Füllen in einen flachen, hölzernen Bottich, gießt das Oel aus den Steingefäßen zuerst in kupferne Kannen, und von diesen durch einen Gummitrichter in die Weißblechkannen.

Um etwa verschüttetes Oel unschädlich zu machen, wird der Boden des Bottichs vorher mit einer dicken Lage von gebranntem Gyps bedeckt, welcher die Flüssigkeit schnell verschluckt.

Die gefüllten Gefäße werden in einen hölzernen, mit Eiswasser oder Eis und Salz gefüllten Bottich gestellt, bis ihr Inhalt gefroren ist. Dann werden je 30—40 zusammen in kleinen, 300 Fuß von dem Fabriksgebäude entfernten Magazinen bis zum Transport aufbewahrt.

Zum Transport des Nitroglycerins werden die Weißblechkannen in offene, hölzerne Kisten verpackt, deren Boden mit 2 Zoll Schwamm bedeckt ist. Um die Gefäße selbst sind zwei sich unten kreuzende Guttapercha-Röhren geschlungen, welche somit an das Holz anliegen.

Zum Aufthauen des Nitroglycerins ist jede Kanne mit einer 10 Zoll langen und $1\frac{1}{2}$ Zoll weiten Röhre versehen, welche in der Mitte von oben nach unten geht. Man

Digitized by Google

verwendet dazu Wasser von 21—32 Grad. Zum Verschluß dient ein mit einer Blase versehener Kork.

Im Winter bedient man sich zum Transport eines Schlittens, im Sommer eines Wagens, den man mit einer Lage Eis und mit einer Decke bedeckt. Auf diese Weise kann gefrorenes Sprengöl nach Mowbray mit gleicher Sicherheit, wie eben so viel Gefäße mit Butter versendet werden.

Zur Magazinirung von Eis zum Krystallisiren dienen zwei Eishäuser, wovon jedes 200 Tonnen halten kann. In deren Nähe befindet sich auch ein Häuschen für die Dampfmaschine und einen Dampfkessel von 15 Pferdekräften. Erstere ist von 10 Pferdekräften und dient zum Pumpen von Wasser in das Waschreservoir und als Motor für das Gebläse und die Guttaperchafabrik.

Zur Erzielung eines gleichmäßigen Luftstromes wird die Luft nicht unmittelbar in die mit den Säuregefäßen in Verbindung stehenden Röhren eingeführt, sondern man läßt sie erst in Windregulatoren gelangen, wo sie gleichzeitig von Wasserdämpfen befreit wird.

In der Nähe der Nitroglycerinfabrik befindet sich auch ein Gebäude zur Reinigung der Guttapercha, welche zum Isoliren der bei den Sprengungen gebrauchten Kupferdrähte dient.

Was den Gang der Operationen betrifft, so wird Morgens um 7, respective $7^1/_2$ Uhr begonnen mit dem Mischen der Säuren und dem Füllen der Glastöpfe mit Glycerin. Drei Männer erledigen diese Arbeit in einer Stunde. Hierauf wird die Säure abgezogen, gewogen und in die Steinzeuggefäße gegossen. Nachdem sie gehörig erkaltet ist, läßt man das Glycerin langsam hinzufließen. Diese Operation wird von drei Arbeitern besorgt. Alsdann wird das Oel in die Waschgefäße geschüttet, zwei Männer waschen es, während

Digitized by Google

zwei andere die Steinzeuggefäße reinigen. Auch der Boden wird mit ängstlicher Sorgfalt rein gehalten, indem man ihn mit Wasser von 15 Grad C. übergießt. Es könnten sonst leicht Spuren von Nitroglycerin auf dem Boden unbeachtet liegen bleiben und beim Daraufstreten eine Explosion verursachen. Schließlich wird die Räumlichkeit für den folgenden Tag hergerichtet und um 7 oder 7½ Uhr (das heißt nach 7 Stunden Arbeit) die Fabrik geschlossen.

Das Mowbray'sche Nitroglycerin ist stets farblos wie Wasser, nie orangefarben, erzeugt durch Detonation keine Kopfschmerzen und ist, wenn gefroren, nicht explodirbar. Dagegen schreiben deutsche Bergämter vor, gefrorene Nitroglycerin-Patronen nicht zum Sprengen zu verwenden, und in der Fabrikation des Sprengöls wird ein Gefrieren desselben durch Anwendung von Warmwasserheizung ängstlich vermieden. Mowbray transportirt nur gefrorenes Nitroglycerin und sind nach seiner Versicherung schon über 200.000 Pfund desselben über die rauhesten Gebirgspfade versandt worden, ohne daß je ein Unglück passirte.

Die Nicht-Explodirbarkeit des Mowbray'schen Sprengöls im gefrorenen Zustande wurde dadurch erwiesen, daß sich Zündhütchen eher in das Sprengmaterial eingruben, als daß es detonirte. Bei einer Entgleisung eines Zuges, der mit einer Geschwindigkeit von 18 engl. Meilen per Stunde fuhr, wurden mit Mowbray'schem Sprengöl gefüllte Kannen aus den Wagen herausgeschleudert, ohne daß es trotz der heftigen Stöße explodirte.

Das Mowbray'sche Nitroglycerin hat eine Anwendung in großartigem Maßstabe bei Durchbohrung des Hoosac Mountains (in Massachusetts) gefunden. Die durch genannten Berg führende Eisenbahn stellt eine directe Verbindung zwischen dem Eriesee, Boston und dem Hudson her. Es ist

Digitized by Google

dieser 25.000 Fuß lange Tunnel nach Vollendung des Gotthard-Tunnels der drittlängste der Welt. Bei Herstellung dieses Tunnels wurden 150.000 Pfund Mowbray'sches Sprengöl als solches verwendet, und verunglückten bei 1000 wöchentlichen Sprengungen nur zwei Personen, während beim Verbrauche von nur 600 Pfund Dualin in demselben Tunnel ein Mann, und von nur 250 Pfund Schießwolle ebenfalls ein Mann getödtet wurde.

Mowbray verfährt, wie aus dem Gesagten ersichtlich ist, sehr vorsichtig und sorgfältig bei der ganzen Fabrikation. Zur Nitrirung werden $1^1/_2$ Stunden, 72 Stunden zur Reinigung und ungefähr 48 Stunden zur Krystallisation verwendet. Diese zeitraubende Reinigung macht sich reichlich durch das erzielte vortreffliche Product bezahlt. »Und doch,« sagt Mowbray, »giebt es noch immer Leute, welche Bergleute und Contractoren verleiten, Nitroglycerin zu kaufen, das direct dem Fällungsbottich entnommen ist und daher alle, es zu einer freiwilligen Explosion geneigt machenden fremdartigen Stoffe enthält. Sind dazu doch nur Zeit und eine mäßige Temperatur nöthig. Aus diesem Grunde glaube ich, giebt es so manche Unglücksfälle.«

Im Gegensatze zu dem Mowbray'schen Verfahren lassen wir hier eine Beschreibung der deutschen Nitroglycerin-Fabrikation, welche Ferd. Capitaine*) giebt, folgen. Es hat diese Beschreibung, welche den Stand der Fabrikation vor 7—8 Jahren kennzeichnet, nunmehr allerdings nur noch historischen Werth. Denn während dieses kurzen Zeitraumes,

*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 206, S. 34; Berg- und hüttenmännische Zeitung" 1873, S. 27; „Polytechnisches Centralblatt" 1872, S. 1474; Uhland's „Maschinen-Constructeur" 1872, Nr. 23, S. 356; R. von Wagner's Jahresbericht 1873, S. 335.

Digitized by Google

der inzwischen verflossen ist, sind auch bei uns gewaltige Verbesserungen in der Fabrikation zu verzeichnen, und ist namentlich auch die von Mowbray gegebene Anregung von großer Bedeutung gewesen. Immerhin aber zeigt genannte Beschreibung Capitaine's, daß vor noch nicht zehn Jahren die Nitroglycerin-Fabrikation in Europa meist noch auf einer sehr unvollkommenen Stufe stand.

Zum Ausgangspunkte nimmt Verfasser eine continentale Fabrik, welche täglich bis zu 5000 Pfund Dynamit liefert. Das zur Verwendung gelangende Glycerin ist Rohglycerin (!) von 30—32 Grad B. und wird meist von Marseille bezogen. Die Schwefelsäure ist gewöhnliche englische. Die rauchende Schwefelsäure giebt zwar eine größere Ausbeute an Nitroglycerin, indessen deckt der Mehrertrag doch nicht die höheren Kosten.

Zur Aufnahme des Glycerins wird eine Anzahl eiserner Tonnen (von je 500 Liter Inhalt) nach Marseille geschickt. Dieses Rohglycerin ist dunkelbraun und grünlich von Farbe, (!) mit einem Gehalt an unzersetztem Fette (!) u. s. w.

Die Salpetersäure wird in der Nitroglycerin-Fabrik selbst dargestellt, weil man erfahrungsmäßig mit einer sehr concentrirten Säure (von 45—48 Grad B.) am besten arbeitet, eine so starke Säure aber entweder von den chemischen Fabriken nicht geliefert wird, oder doch schwierig zu transportiren ist.

1300 Pfund dieser Salpetersäure vermischt mit 2600 Pfund englischer Schwefelsäure werden zum Nitriren von 630 Pfund Glycerin angewendet. In dem Apparate, wo die Bildung des Nitroglycerins vor sich geht, befindet sich eine Rührvorrichtung, die beständig durch drei Arbeiter bewegt wird. Letztere stehen 30—40 Fuß vom Apparat

Digitized by Google

entfernt hinter einem starken Erdwalle, der ihnen bei einer zufälligen Explosion Schutz gewähren soll.

Der genannte Apparat ist ein hölzerner Bottich von 6·5 Fuß Höhe und 4 Fuß Durchmesser, mit viertelzölligem Bleifutter ausgekleidet. Nachdem die Abkühlungs-Vorrichtung, das Rührwerk, überhaupt Alles in gutem Zustande befunden wurde, werden 630 Pfund Glycerin zugelassen. Das Glycerin gelangt zunächst in einen auf dem Bleideckel des Bottichs befindlichen kleinen Blechkasten, der in seinem Boden eine Anzahl Löcher hat, welche durch Korke, an Stäbchen befestigt, verschlossen werden können. Aus diesem Kasten fließt das Glycerin in daumendickem, trägem Strahle in die Säure.

Die Temperatur steigt sofort. Doch läßt man sie nicht über 18 Grad C. gehen, obwohl mit der höheren Temperatur die Ausbeute an Nitroglycerin steigt. Das Einfließen dauert $^1/_2$—$2^1/_2$ Stunde, je nach der Lufttemperatur und der Temperatur des Kühlwassers.

Früher wurde das gebildete Nitroglycerin direct von dem Säuregemisch getrennt, indem man ersteres mit hölzernen Kellen von der Oberfläche der Flüssigkeit*) abschöpfte und die restirenden Säuren in der Dünger-Fabrikation verwerthete.

Da aber in Folge dieses rohen Verfahrens verschiedene Explosionen vorkamen, so führte man die indirecte Trennung ein. Durch eine Bleirinne fließt die aus dem gebildeten Nitroglycerin und dem concentrirten Säuregemisch bestehende Flüssigkeit in dickem Strahl in kaltes Wasser, welches sich in einem zur Hälfte gefüllten großen Bottich (von 12 Fuß Durchmesser und 8 Fuß Höhe) befindet. Während des Ein-

*) Da das Säuregemisch schwerer als Nitroglycerin ist, schwimmt letzteres auf ersteren. Umgekehrt sinkt Nitroglycerin in Wasser oder verdünnten Säuren vermöge seines specifischen Gewichtes (1·6) zu Boden.

Digitized by Google

fließens der Flüssigkeit wird mit hölzernen Krücken langsam gerührt. Das Sprengöl sinkt in der durch das Wasser verdünnten Säure zu Boden.

Der Boden des Bottichs ist etwas geneigt, so daß mittels Hähne von Steinzeug das Sprengöl völlig abgezogen werden kann. Es resultirt 1000—1200 Pfund Sprengöl. Dasselbe läuft in einen kleineren Bottich, wo es mehrfach mit Wasser gewaschen wird. Zur innigeren Vermischung des Wassers mit dem Nitroglycerin wird mit hölzernen Rührern gerührt. Beim dritten Waschen werden 15—20 Pfund concentrirte Sodalösung zugesetzt. Die verdünnte Säure des ersten und zweiten Waschbottichs läßt man in den Fluß und gehen dadurch täglich 7—8000 Pfund Schwefelsäure verloren.

Von diesem zweiten Waschschuppen ist ein dritter Schuppen durch einen starken Erdwall getrennt. In diesem dritten Schuppen ist eine sogenannte Buttermaschine aufgestellt. Dieselbe ist ein hölzerner Bottich von 4·5 Fuß Höhe und 4 Fuß Durchmesser. Durch einen Arbeiter wird ein Rührer mittels eines Getriebes in rasche Umdrehung versetzt. In dieser Buttermaschine wird das Nitroglycerin mit einer concentrirten Sodalösung eine Stunde lang innig geschüttelt. Alsdann wird geprüft, ob das Oel noch Spuren von Säure enthält. Man taucht zu diesem Zwecke einen Streifen blauen Lackmuspapieres in das Oel, welches hierbei nicht geröthet werden darf.

Das Oel wird nunmehr mittels eines Hahnes abgelassen und von der alkalischen Lösung getrennt. Es läuft durch ein Filztuch, um noch schwefelsaures Blei abzusetzen, und von da in ein mit Blei ausgeschlagenes Reservoir. Es ist nunmehr fertig zum Gebrauche.

Die Ausbeute an Nitroglycerin betrug 950—1200 Pfund und blieb hinter der theoretisch berechneten um mehrere

Digitized by Google

Hunderte von Pfunden zurück. Am größten ist die Ausbeute im Winter, am kleinsten im Sommer, wo die Operationen, der höheren Lufttemperatur wegen, sehr langsam vor sich gehen müssen.

Die von Champion*) empfohlene, sowie die in der Fabrik von M. v. Forster**) in Opladen bei Köln gebräuchliche Methode der Nitroglycerin-Fabrikation bieten nichts von dem Gesagten besonders Abweichendes dar.

Charakteristisch ist das von Boutmy und Faucher***) beschriebene Verfahren zur gefahrlosen Herstellung des Nitroglycerins. Sie lassen das Säuregemisch nicht auf Glycerin direct, sondern auf Glycerin-Schwefelsäure einwirken, wodurch Explosion vermieden wird.

Zur Bildung der Glycerin-Schwefelsäure wird 30grädiges Glycerin mit dem dreifachen Gewicht 66grädiger Schwefelsäure behandelt. Alsdann werden gleiche Gewichtsmengen 48grädige Salpetersäure und 66grädige Schwefelsäure mit einander gemischt. Mit diesem Säuregemisch behandelt man die vorher gebildete Glycerin-Schwefelsäure, und zwar in solchen Mengenverhältnissen, daß im Ganzen auf 100 Theile Glycerin 280 Theile Salpetersäure und 600 Theile Schwefelsäure kommen.

Die alsbald eintretende Reaction ist in 24 Stunden beendet und die Temperatur steigt auf 10—15 Grad. Das in dem Säuregemisch unlösliche Nitroglycerin entzieht sich der weitergehenden Einwirkung der Salpetersäure und schwimmt obenauf.

---

*) R. v. Wagner's „Jahresber." 1871, S. 307.

**) „Kölnische Zeitung" 1872, Nr. 29.

***) „Compt. rend.", Band 83, S. 786; R. v. Wagner's „Jahresber." 1876, S. 480; „Jahresber. über die Fortschritte der Chemie" 1876, S. 1106.

Digitized by Google

Den besten Beweis dafür, daß die deutsche Nitroglycerin-Fabrikation in neuester Zeit durchaus auf der Höhe der Situation steht, liefert das jüngst patentirte Verfahren von Karl Kurtz in Köln.*)

Die Kurtz'sche Methode rührt von einem Chemiker einer deutschen Nitroglycerin-Fabrik her, während die nöthigen maschinellen Einrichtungen Verdienst von Kurtz sind. Die Methode hat sich zur Zeit, wo diese Zeilen geschrieben werden (Sommer 1879), in mäßig großem Maßstabe bereits bewährt und werden gegenwärtig Versuche in größerem Umfange angestellt.

Das Verfahren**) ist folgendes: In einem Cylinder von Blei oder Gußeisen mit konischem Boden, welcher vor Beginn der Operation mit der Nitrirungssäure gefüllt ist, wird von unten durch eine Brause in einem dünnen Strahle das Glycerin und durch ein zweites Rohr die comprimirte Luft zugeführt, so daß der Strahl von Glycerin und Luft sich kreuzt und in Folge dessen eine innige Vermischung sowohl der Luft und des Glycerins als auch dieser beiden mit dem Säuregemisch stattfindet.

Das gebildete Nitroglycerin steigt in die Höhe und kann oben entweder continuirlich oder in kurzen Unterbrechungen abgeführt werden. Der verhältnißmäßig enge Durchmesser des Cylinders bei größerer Höhe erleichtert diese Operation. Die Luft wird vorher noch abgekühlt.

---

*) „Verfahren und Apparate zur Nitrirung von Glycerin bei continuirlicher Ableitung des entstandenen Nitroglycerins aus dem Mischgefäße und unter Anwendung comprimirter Luft zum Mischen und Kühlen, von Karl Kurtz in Köln." D. R. P. Nr. 6208 vom 24. December 1878.

**) Directe briefliche Mittheilungen des Patentinhabers an den Verfasser; „Chemiker-Zeitung" 3. Jahrg., S. 625.

Digitized by Google

Im Anfange, wenn die Säuren noch concentrirt sind, bilden sich die höher nitrirten Producte, später die weniger hoch nitrirten, die fractionirt abgeleitet werden können.

Auch das Waschen erfolgt unter Anwendung von Luft. Das Nitroglycerin sinkt in dem Wasserbehälter zu Boden und wird aus letzterem in dem Maße abgeführt, als oben in den Wasserbehälter neue Mengen Nitroglycerin aus dem Mischungsgefäße hinzufließen. Ebenso wird auch aus letzterem das gebildete Nitroglycerin in dem Maße weg und in das erste Waschgefäß geführt, als das unten durch die Brause einströmende Glycerin das Flüssigkeitsvolumen im Mischungsbehälter vermehrt.

Die hierdurch erzielten Vortheile liegen auf der Hand. Es befindet sich stets eine verhältnißmäßig nur geringe Menge Nitroglycerin in den Mischungs- und Waschbehältern, so daß eine etwaige Explosion lange nicht so verheerende Wirkungen anrichten kann, als dies bisher der Fall war. Außerdem ist zur erhöhten Sicherheit der Arbeiter jedes Misch- und jedes Waschgefäß von dem andern durch einen starken Erdwall getrennt. Die Arbeiter bewegen sich auf einer oberhalb der Gefäße angebrachten Laufbühne, von welcher aus sämmtliche an den Apparaten angebrachten Zu- und Abflußhähne gehandhabt werden. Es ist ferner eine Vorrichtung getroffen, um bei drohender Explosion die Mischungsgefäße sofort unter Wasser setzen und in einen Canal entleeren zu können, während den Arbeitern in den meisten Fällen noch Zeit bleiben wird, über den Erdwall zu springen und so sich zu schützen.

Ein weiterer wesentlicher Vorzug des neuen Verfahrens beruht darauf, daß das Glycerin nicht wie bisher von oben, sondern von unten eingeführt wird. Denn das Glycerin ist bedeutend leichter als das Säuregemisch und wird, wenn es

Digitized by Google

letzterem von oben zugeführt wird, auf demselben einfach schwimmen. Von unten in das Säuregemisch eingeführt jedoch wird das Glycerin vermöge seiner geringeren Schwere langsam durch die ganze Höhe des Säuregemisches emporsteigen. Die Mischung der Säure mit dem Glycerin wird aber durch das gleichzeitige Einleiten comprimirter Luft eine noch vollständigere.

In letzterer Zeit ist diese innige Mischung noch dadurch vervollkommnet worden, daß aus Luft und Glycerin vor Eintritt in das Mischungsgefäß eine Emulsion gebildet wird, entweder durch den Strahlapparat oder durch Schlagen mit Luft. Die Emulsion tritt sodann unten in das Mischungsgefäß und wird durch neue Luft mit der Mischsäure durcheinander gerührt. Bei dieser feinen Zertheilung des Glycerins geht die Bildung von Nitroglycerin sehr rasch und energisch vor sich und wird die größtmögliche Ausbeute erzielt.

Letztere ist schon bei den bisherigen Versuchen in größerem Maßstabe und ohne Anwendung des emulsirten Glycerins im neuen Kurtz'schen Apparat auf 220 gesteigert worden, während sie nach dem gewöhnlichen Verfahren nur 200*) beträgt und theoretisch 246 betragen kann. Letzterer Werth ist mit emulsirtem Glycerin bei den bis jetzt stattgehabten kleinen Laboratoriums-Versuchen nahe erreicht. Es soll demnächst geprüft werden, wie sich das Verfahren im Großen stellt.

Die Versuche in weiterem Umfange sind noch nicht abgeschlossen, jedoch scheint das Verfahren bestimmt zu sein, die bisherigen Methoden zu verdrängen. Es muß dabei vorläufig dahingestellt bleiben, ob die unverkennbaren Vorzüge

*) Mowbray erhält nach seinem Verfahren angeblich 224.

Digitized by Google

des Mowbray'schen Verfahrens groß genug sind, um letzteres neben dem Kurtz'schen bestehen zu lassen.

Bevor wir die Fabrikation des Nitroglycerins verlassen, sei noch eine völlig gefahrlose*) Bereitungsweise**) des Nitroglycerins erwähnt.

Man bereitet sich ein Gemisch von 1 Raumtheil concentrirtester Salpetersäure (1·52 specifisches Gewicht) und 2 Raumtheilen stärkster Schwefelsäure (1·83 specifisches Gewicht) und bringt etwas von diesem Gemisch in ein stark abgekühltes (mit einer Kältemischung umgebenes) Reagensglas. Nachdem das Säuregemisch einige Zeit schon im Reagensglas sich befindet und in Folge dessen stark abgekühlt ist, gießt man einige Gramm wasserfreies, vollkommen reines Glycerin in das Reagensglas.

Hierauf schüttet man das Ganze sogleich ohne Zeitverlust, d. h. so schnell man nur irgend kann, in eine größere Menge kalten Wassers. Man sieht sofort das gebildete Nitroglycerin, Oeltropfen ähnlich, als specifisch schwere Flüssigkeit zu Boden sinken. Man gießt nun die Säure von dem Nitroglycerin ab, gießt Wasser auf letzteres, gießt das Wasser wieder vorsichtig ab und ersetzt es durch frisches Wasser. Nachdem man dies einige Male fortgesetzt hat, wäscht man noch mit schwacher Sodalösung zur völligen Entsäuerung des Nitroglycerins aus und entwässert letzteres schließlich mit einigen Stückchen geschmolzenen Chlorcalciums. Man erhält auf diese Weise das Nitroglycerin in solcher Reinheit,

*) Wenn wir diese Methode „völlig gefahrlos" nennen, so lautet der selbstverständliche Zusatz hierzu „in den Händen eines in chemischen Arbeiten völlig Geübten".

**) R. Böttger im „Jahresber. d. physikal. Ver. zu Frankfurt" 1874/75, S. 18; „Chemisches Centralblatt" 1876, S. 668; R. v. Wagner's „Jahresber." 1876, S. 480.

Digitized by Google

daß man es ohne alle Gefahr willkürlich lange, ohne Zersetzung befürchten zu müssen, zu Vorlesungsversuchen aufbewahren kann.

Die Eigenschaften des Nitroglycerins.*) Das reine, d. h. das von Säure und Wasser vollkommen befreite Nitroglycerin ist eine farblose, oder doch nur sehr schwach gelb gefärbte Flüssigkeit von süßlichem, brennendem Geschmack und ohne Geruch. Das specifische Gewicht von reinem Nitroglycerin ist 1·6.

Das Nitroglycerin ist in Wasser so gut wie unlöslich. Mit Aether und Methylalkohol ist es in jedem Verhältnisse mischbar. Bevor man das Nitroglycerin in der gefahrloseren Form der Dynamite anzuwenden gelernt hatte, löste man das Sprengöl in Methylalkohol auf. In dieser Lösung hatte der Sprengstoff seine explosiven Eigenschaften verloren. Durch Zusatz von Wasser wurde derselbe wieder aus der Lösung in Methylalkohol mit seinen gewöhnlichen explosiven Eigenschaften ausgeschieden.

In kaltem Alkohol löst sich das Nitroglycerin wenig,

*) Champion in „Compt. rend." Band 73, S. 42, hieraus in „Zeitschr. f. Chemie" 1871, Band 7, S. 350; „Chem. Centralbl." 1871, S. 557; „Polyt. Centralbl." 1871, S. 1327; ferner Champion „la dynamite et la nitroglycérine. Paris, 1875. L. Baudry"; A. Brüll „Etudes theorétiques et pratiques sur la nitroglycérine et la dynamite. Paris. 1875. Tanera"; Beobachtungen von Heß (über die Flüchtigkeit des Nitroglycerins) in „Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genieweſens", Wien 1877, hieraus in R. v. Wagner's „Jahresber." 1877, S. 393; Allgemeines in Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 437; „Das Schießpulver, die Explosivstoffe und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. von Meyer, Braunschweig 1874, Abth. II, S. 58; R. v. Wagner's „Handbuch der chemischen Technologie", 10. Aufl., S. 205.

Digitized by Google

dagegen reichlich in solchem von 50 Grad C. Es verflüchtigt sich über 100 Grad leicht, ohne Zersetzung zu erleiden. In reinem Zustande zersetzt es sich nicht freiwillig.

Bei —15 Grad wird es dickflüssig, ohne zu erstarren. Längere Zeit einer Temperatur von —2 Grad ausgesetzt, krystallisirt es. Ja sogar schon eine Temperatur von 8 Grad C., wenn sie genügend lange auf das Nitroglycerin einwirkt, kann dasselbe in den krystallisirten Zustand überführen. Man kann sagen, daß das Nitroglycerin bei Temperaturen von +8 bis —11 Grad C. vom flüssigen Zustande in den festen übergeht und verhalten sich in dieser Hinsicht verschiedene Nitroglycerine verschieden. Manche Nitroglycerine brauchen bei einer Temperatur von —12 Grad C. 10—14 Tage, bis sie erstarren, während andere noch mehr oder weniger Zeit brauchen.

Wenn das Nitroglycerin längere Zeit einer Temperatur von nahe 100 Grad C. ausgesetzt wurde, so zeigt es einen großen Widerstand gegen das Erstarren.*)

Aeußerst geringe Mengen Verunreinigungen reichen schon hin, das Krystallisiren zu verhindern oder zu verzögern. Wenn das Nitroglycerin rasch zum Erstarren gebracht wird, so krystallisirt es zu einer weißlich-gelben, undurchsichtigen Masse.

Das gefrorene Sprengöl thaut bei etwa + 11 Grad wieder auf. Man hat lange Zeit angenommen, daß das Sprengöl beim Gefrieren sich um etwa $^1/_{16}$ ausdehne, während Mowbray für das nach seiner Methode dargestellte Nitroglycerin eine Zusammenziehung um $^1/_{12}$ des ursprünglichen Volumens fand. Neuerdings hat man jedoch die Dichte des

*) Karl Beckerhinn in den „Sitzungsber. der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien“ S. 72 und 73; hieraus in R. v. Wagner's „Jahresber.“ 1876, S. 485.

Digitized by Google

Nobel'schen flüssigen und festen Nitroglycerins zu 1·599, respective 1·735 gefunden, woraus sich eine Zusammenziehung, und zwar um $^{10}/_{121}$ ergiebt. Letzterer Bruch stimmt genau mit dem von Mowbray erhaltenen überein und ist also das physikalische Verhalten des Nobel'schen Sprengöles völlig gleich dem Mowbray'schen.

Das Sprengöl wirkt schon in kleinen Dosen giftig. Schuchardt*) hat in dieser Beziehung an sich selbst Versuche angestellt und darüber berichtet. Er verschluckte einen Tropfen Nitroglycerin und empfand bald Schwindel, Schwächung des Sehvermögens, Kopfschmerz, Mattigkeit, Schläfrigkeit, einen stark gewürzhaften Geschmack und Brennen im Schlunde. Als er eine Stunde später aus Unvorsichtigkeit noch etwas Nitroglycerin in den Schlund bekam, empfand er bald Zunahme der genannten Symptome; es stellte sich Bewußtlosigkeit, Schwindel, Zittern, sehr heftiges klopfendes Kopfweh mit Empfindlichkeit gegen Licht ein; einem zuerst empfundenen Wärmegefühl folgte ein Kältegefühl, Uebelkeit trat ein, aber kein Erbrechen, kein Krampf und am folgenden Tage war eine Wirkung des Nitroglycerins nicht mehr zu spüren.

Arbeiter, welche Nitroglycerin zum Sprengen verwenden, bekommen leicht Kopfschmerzen. Man hat dies daraus erklärt, daß Nitroglycerin die Haut leicht durchdringt und so in's Blut übergeht.**) Um eine directe Berührung der Haut mit Nitroglycerin zu vermeiden, hat man deshalb die Arbeiter — namentlich bei der Herstellung des Dynamits — mit Gummi-Handschuhen arbeiten lassen. Allein die Meisten machten von letzteren, weil sie im Arbeiten zu sehr hindern, doch keinen Gebrauch.

*) Dingler's „Polytechn. Journ." Band 180, S. 406.

**) Vielleicht bildet sich hierbei Stickoxydul (Schuchardt).

Digitized by Google

Als Gegengift gegen derartige Nitroglycerin-Vergiftungen hat man schwarzen Kaffee empfohlen, zum Einreiben Aetzkalilauge und wässerige Jodwasserstoffsäure, welche das Nitroglycerin unter Rückbildung von Glycerin zersetzen sollen.

Das Sprengöl in chemisch reinem Zustande ist seiner chemischen Zusammensetzung nach Trinitroglycerin. Außerdem kennen wir noch ein Mononitroglycerin und ein Dinitroglycerin,*) welche sich bei Einwirkung schwächerer Säure bilden. Bei der Fabrikation des Sprengöles muß man darauf bedacht sein, daß dasselbe nicht auch die beiden letztgenannten Verbindungen enthält. Aus 100 Theilen Glycerin und 205·4 Theilen Salpetersäure erhält man theoretisch 246 Theile Sprengöl.

Um die geringsten Mengen Nitroglycerin nachzuweisen,**) versetzt man dasselbe mit Anilin und concentrirter Schwefelsäure; nach Zusatz beider entsteht bei Gegenwart von Nitroglycerin eine purpurrothe Färbung, welche durch Wasser in Grün übergeht.

Die Explosion des Nitroglycerins und die dabei gebildeten Gase.***) Das Nitroglycerin explodirt, wenn es auf 180 Grad erwärmt wird, oder durch heftigen

*) Ueber die Methoden zur Herstellung von Mono- und Dinitroglycerin siehe in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 179, S. 157.

**) Liebig, „Jahresber.", Band 20, S. 878.

***) Allgemeines in Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl, 2. Aufl., Band 4, S. 437; „Das Schießpulver, die Explosivstoffe und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer, Braunschweig 1874, Abth. II, S. 60; R. v. Wagner's „Handbuch der chem. Technologie", 10. Aufl., S. 205; Wagner's „Jahresber." 1871, S. 309; Berthelot „Foree de la poudre et des matières explosives". Paris 1871, S. 160; Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 178, S. 349.

Digitized by Google

Stoß, oder endlich durch den heftigen und plötzlichen Druck, welchen die Explosion eines mit ihm in Berührung befindlichen kräftigen Knallpräparates (Knallqueckſilber) auf dasſelbe ausübt (Nobel's Zündpatrone).*) In allen drei Fällen iſt es lediglich die Wärme (reſpective die in Wärme umgeſetzte Stoßarbeit), welche die Explosion bewirkt.

Wird Nitroglycerin vorſichtig erwärmt, ſo beginnt bei etwa 100 Grad Zerſetzung unter Abgabe von Unterſalpeterſäure. Angeblich kann man Nitroglycerin durch ſehr allmäliches Erhitzen vollſtändig verflüchtigen, ohne daß Explosion eintritt.

Beim Erwärmen verhält ſich das Nitroglycerin in folgender Weiſe: bei 185 Grad ſiedend, unter Entwicklung gelber Dämpfe, bei 194 Grad langſame Verflüchtigung, bei 200 Grad raſche Verflüchtigung, bei 218 Grad lebhaftes Verbrennen, bei 241 Grad Detonation (ſchwierig), bei 257 Grad heftige Detonation, bei 267 Grad ſchwächere Detonation, bei 287 Grad ſchwache Detonation mit Flamme. Bei Rothglühhitze verflüchtigt ſich das Nitroglycerin ohne Detonation, weil es in den ſogenannten ſphäroïdalen Zuſtand übergeht.

Eine ſehr wichtige Eigenſchaft des Nitroglycerins iſt diejenige, daß ſeine Explosions-Temperatur mit ſeiner Entzündungs-Temperatur nicht zuſammenfällt, ſondern viel höher liegt. Das Nitroglycerin gehört demnach (im Gegenſatze zu Schießpulver und flockiger Schießwolle) zu den nicht direct explodirbaren Körpern.**) Dieſe Eigenſchaft

*) Die Beſchreibung derſelben findet ſich in dem Abſchnitte „Die praktiſchen Anwendungen der explosiven Stoffe".

**) Vergl. Fil. Heß in Wien „Mittheilungen über Gegenſtände des Artillerie- und Genieweſens", 1877, S. 379—396 (Verſuche über Zündmittel); hieraus in Wagner's „Jahresber.", 1877, S. 396.

Digitized by Google

ist von höchster praktischer Wichtigkeit; ihr ist es zu danken, daß Sprengöl von gewöhnlicher Temperatur angezündet, nur schwierig abbrennt, aber niemals explodirt. Es ist verbrannt, bevor es sich bis zur Explosions-Temperatur erwärmt hat. Es ist daher kaum Gefahr vorhanden, wenn Nitroglycerin in Brand geräth, vorausgesetzt daß nicht allzu große Vorräthe von Sprengöl vom Feuer ergriffen werden.

Bei directer Entzündung explodirt, wie gesagt, Nitroglycerin nicht. Bei Versuchen, die Nobel in Gegenwart mehrerer Gelehrten zu Stora Ahlby in Schweden im Jahre 1865 anstellte, konnte Nitroglycerin durch Berührung seiner Oberfläche mit einer glühenden Eisenstange gar nicht entzündet werden; mit einem brennenden Holzspan entzündet, verbrannte es ohne Explosion mit Flamme, die sogleich beim Entfernen des brennenden Holzspanes erlöschte.

Setzt man flüssiges Sprengöl allmälich vermehrtem und zuletzt sogar sehr starkem Druck aus, so explodirt es angeblich nicht. Dagegen explodirt es jeder Zeit durch plötzlichen starken Druck (z. B. durch einen heftigen Schlag). Aber die Explosion der durch den Druck getroffenen Theile pflanzt sich nicht auf die übrige Masse fort. Als Nobel auf der Rennkoppel bei Hamburg im März 1866 einige Tropfen Nitroglycerin auf einen Ambos geschüttet mit einem Hammer stark schlagen ließ, explodirte nur das direct getroffene Nitroglycerin mit gewaltigem Knall, die Explosion wurde aber nicht fortgepflanzt. Man kann ein Nitroglycerin enthaltendes Fläschchen gegen einen Stein werfen, so daß es zerbricht, ohne daß das Präparat explodirt.

Bis in die neueste Zeit war die irrige Ansicht verbreitet, daß das gefrorene Nitroglycerin gegen Schlag oder Stoß empfindlicher sei, als das flüssige. Die Sache

Digitized by Google

verhält sich aber, wie neuere Untersuchungen*) gezeigt haben, gerade umgekehrt. Eine einfache Ueberlegung schon ergiebt, daß dem so, gemäß physikalischen Gesetzen, sein muß. Ein dem Nitroglycerin mitgetheilter Stoß oder Druck setzt sich in Wärmearbeit um, wie überhaupt jede gehemmte Bewegung sich in Wärme umsetzt (vergleiche beispielsweise das beim Bremsen des Eisenbahnzuges sich erwärmende Rad). Der Stoß oder Druck, welcher dem Nitroglycerin mitgetheilt wird, muß also stark genug sein, daß er die Erwärmung des getroffenen Nitroglycerins auf 180 Grad (seine Explosions-Temperatur) bewirkt. Um jedoch gefrorenes Sprengöl auf 180 Grad zu erwärmen, ist offenbar mehr Wärme nöthig, als um ein gleiches Gewicht flüssiges Nitroglycerin auf dieselbe Temperatur zu bringen. Es muß ja bei dem gefrorenen Nitroglycerin zuerst die Wärme zum Schmelzen verwendet werden, es muß mit einem Worte dem gefrorenen Nitroglycerin zuerst die latente Schmelzwärme geliefert werden. Hiermit stimmen denn auch die angestellten praktischen Versuche überein. Knallquecksilbermengen, welche das flüssige Nitroglycerin sicher zur Explosion bringen, lassen das krystallisirte Nitroglycerin unverändert. Es wurde ferner flüssiges und festes Nitroglycerin auf einen flachen Amboß von Bessemerstahl in dünner Schichte gelegt und ein schmiedeeiserner Fallklotz auf den Amboß fallen gelassen. Hierbei war die mittlere Fallhöhe zur Detonirung flüssigen Nitroglycerins 0·78 Meter, während das gefrorene Nitroglycerin erst bei einer Fallhöhe von 2·13 Meter zur Explosion gebracht wurde. Mowbray handelt also vollständig richtig,

*) „Zur Charakterisirung des gefrorenen (krystallisirten) Nitroglycerins" von Karl Beckerhinn in „Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaft zu Wien", Band 72 und 73; hieraus in Wagner's „Jahresbericht" 1876, S. 485.

Digitized by Google

wenn er das Sprengöl nur in gefrorenem Zustande zur Versendung bringt. Allerdings soll man gefrorenes Sprengöl niemals mit scharfen und spitzen Instrumenten bearbeiten und stets nur im Dynamit-Wärmapparat *) oder einem ähnlichen Apparate mit Hilfe von heißem — nicht kochendem — Wasser aufthauen.

Ist das Nitroglycerin nicht völlig rein, so erleidet es häufig — ähnlich wie unreine Schießbaumwolle — eine freiwillige Zersetzung, **) die leicht Explosionen im Gefolge haben kann. Es bildet sich alsdann (durch Oxydation) Glycerinsäure und Oxalsäure. Gleichzeitig färbt sich das in Zersetzung begriffene Nitroglycerin grün unter Bildung von salpetriger Säure, Stickoxydul und Kohlensäure. Da das Nitroglycerin in sehr gut zugestopften Flaschen in der Regel aufbewahrt wird, können die bei dieser freiwilligen Zersetzung sich entwickelnden Gase nicht entweichen und üben folglich einen starken Druck auf das Nitroglycerin aus. Unter diesen Umständen ist der geringste Stoß und die schwächste Erschütterung hinreichend, eine Explosion hervorzurufen.

Ob eine derartige Zersetzung sich vorbereitet, erkennt man an der Röthung von blauem in das Nitroglycerin getauchtem Lackmuspapier. Grünliches Sprengöl soll nach der Vorschrift ***) des Dortmunder Oberbergamtes stets vergraben werden.

Wenn Sprengöl im geschlossenen Raume explodirt, so übt es einen ganz gewaltigen Druck aus. Es beruht dies auf der beträchtlichen Menge von Explosionsgasen, welche

*) Die Beschreibung desselben siehe im Abschnitt „Die praktischen Anwendungen der explosiven Stoffe".

**) Liebig's „Jahresberichte", Band 11, S. 433; „Berggeist" 1868, Nr. 10.

***) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 187, S. 269.

Digitized by Google

sich entwickeln, sowie auf der hohen Verbrennungs-Temperatur, welche bei der Explosion herrscht, wodurch die Gase auf das Achtfache ihres ursprünglichen Rauminhaltes ausgedehnt werden.

Bei der Explosion bilden sich die Gase Kohlensäure, Wassergas, Stickstoff und freier Sauerstoff, und zwar geben 100 Gramm Nitroglycerin bei der Verbrennung:

Wasser	20	Gramm,
Kohlensäure . . .	58	»
Sauerstoff . . .	3·5	»
Stickstoff	18·5	»
	100·0	Gramm.

1 Kilogr. Nitroglycerin liefert bei der Explosion 710 Liter Explosionsgase,*) 1 Liter desselben jedoch (wegen des hohen specifischen Gewichtes) 1135 Liter Gase. Letztere Gasmenge wird in Folge der hohen Temperatur auf das achtfache Volumen ausgedehnt.

Nach Nobel**) giebt 1 Liter Sprengöl 1298 Liter Gase, welche im Momente der Explosion auf 10.400 Liter ausgedehnt werden. Mithin gäbe 1 Liter Sprengöl 10.400 Liter Gase, während 1 Liter Pulver nur 800 Liter Gase bildet. Die Kraft des Sprengöls verhält sich folglich zu der des Pulvers

dem Volumen nach wie 13 : 1,
dem Gewichte nach wie 8 : 1.

Wenn wir uns eine Vorstellung machen von der gewaltigen Gasmasse von über 100.000 Litern, welche aus einem mit 10 Litern Nitroglycerin gefüllten Gefäße urplötzlich

*) „Force de la poudre et des matières explosives" von Berthelot. Paris 1871, S. 160; A. Brüll im „Bulletin de la Société d'encouragement" 1877, Band 4, S. 493 und 562.

**) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 178, S. 349.

Digitized by Google

entstehen, so begreifen wir auch, daß einem solchen enormen Gasdrucke nichts widerstehen kann. Von der fabelhaften Geschwindigkeit, mit der eine solche Explosion erfolgt, geben die neuesten Untersuchungen des k. k. österreichischen technischen und administrativen Militär-Comité einen beredten Zahlen-Ausdruck. Es explodiren nach diesen Untersuchungen 200 Fuß (63·2 Meter) Dynamit in weniger als 0·01 Secunde.

Die chemische Untersuchung des Sprengöls bot bisher große Schwierigkeiten wegen der leichten Explodirbarkeit desselben. Neuerdings*) führt man die chemische Untersuchung des Sprengöls, sowie überhaupt von ähnlichen explosiven Stoffen im luftverdünnten Raume aus. Wird in letzterem das Nitroglycerin erhitzt, so hat es unter diesem stark verminderten Drucke auch einen stark erniedrigten Siedepunkt. Es wird sich also verflüchtigen, noch ehe seine Explosions-Temperatur von 180 Grad erreicht ist.

Die Anwendung des Nitroglycerins.**) In Europa wird das flüssige Nitroglycerin gegenwärtig, wie schon bemerkt, nicht mehr zum Sprengen verwendet. Dagegen ist es in der Form der verschiedenen Dynamite der herrschende Sprengstoff unserer Zeit geworden.

Die Schwierigkeit, eine vollständige Entzündung einer größeren, in einem Bohrloche eingeschlossenen Menge Nitroglycerin zu bewirken, überwand Nobel dadurch, daß er Schießpulver mit Nitroglycerin tränkte (auf 100 Theile des ersteren 40 Theile des letzteren). Das Schießpulver wurde in zinkblecherne Patronenhülsen geschüttet, dann so viel Nitro-

*) Hempel: „Verbrennungen im luftverdünnten Raume" in Fresenius' „Zeitschrift für analytische Chemie", Band 17, 4. Heft, S. 409.

**) Näheres hierüber siehe in dem Abschnitte „Die praktischen Anwendungen der Explosivstoffe".

Digitized by Google

glycerin hinzugegossen, als in den Zwischenräumen Platz fand (40 Percent genügten hierzu) und die so gefüllte Patrone mit einem Kork verschlossen oder zugelöthet. Bei Anwendung derselben wurde sie mit ihrer Kante nach unten in das Bohrloch gebracht, das etwa 0·006 Meter weiter sein mußte als die Patrone dick war; dann wurde der zwischen Patrone und Bohrlochswand befindliche Raum mit Kanonenpulver angefüllt, dieses auch noch 0·026 Meter hoch über die Patrone geschüttet, eine Zündschnur in das Pulver gesteckt und durch diese nach gewöhnlicher Besetzung des Bohrloches die Ladung entzündet.

Späterhin fand Nobel, daß das geeignetste Mittel zur sicheren Explosion von Nitroglycerin der durch die Detonation von Knallquecksilber (oder sonstigen stark brisanten Knallpräparaten) erzeugte plötzliche heftige Stoß sei. Er wandte in Folge dessen von da ab Patentzündhütchen, *) die mittelst einer Bickford'schen Zündschnur*) entzündet werden, an. Das Sprengöl bürgerte sich in Folge seiner gewaltigen Wirkungen sehr bald als Sprengstoff ein. Sein Hauptvorzug vor Pulver liegt in seiner größeren Sprengkraft. Nach Nobel ersetzt beim Sprengen ein Bohrloch mit Sprengölladung 10—15 Bohrlöcher mit Pulverladung. Allein im praktischen Gebrauch beim Sprengen in verschiedenem Gestein wechselt die Sprengkraft des Sprengöles sehr; sie zeigte sich drei- bis zwanzigmal, zuweilen auch nicht größer oder gar geringer als die des Pulvers. Sie äußert sich am wirksamsten in dichtem Gestein, welches der Ausdehnung der Explosionsgase nach allen Richtungen hin gleichen Widerstand entgegensetzt, und sie zeigt in der Regel die geringste Wirkung in Massen, die eine Absonderung nach verschiedenen Richtungen

*) Die Beschreibung beider siehe in dem Abschnitte „Die praktischen Anwendungen der explosiven Stoffe".

Digitized by Google

haben. Im Durchschnitte darf man wohl nur annehmen, daß die Sprengkraft des Sprengöls 3·5- bis 4mal größer als die des gewöhnlichen Sprengpulvers ist.*)

Das Sprengöl kommt, obwohl sein Preis etwa sechsmal so hoch ist als der von Pulver, und obwohl derselbe mit seiner Durchschnittsleistung nicht in günstigem Verhältniß steht, im Allgemeinen doch billiger als Pulver, und zwar wegen der bedeutenden Zeit- und Arbeitsersparniß beim Bohren der Bohrlöcher. Letztere brauchen bei Anwendung von Sprengöl weniger weit zu sein als beim Sprengen mit Pulver.

Als ein Vorzug des Nitroglycerins vor dem Pulver ist es auch zu bezeichnen, daß ersteres ohne Rückstand bei der Explosion verbrennt, also beim Explodiren die Stücke nicht mit einem schwarzen Ueberzuge bedeckt. Fernere Vortheile sind, daß es wegen seiner Unlöslichkeit in Wasser auch zum Sprengen wasserhaltiger Bohrlöcher verwendet werden kann, in denen das über dem Sprengöl stehende Wasser gleich als Besatz dient; daß es ferner durch eine Lichtflamme nicht zum Explodiren gebracht werden kann und durch Feuchtigkeit nicht unbrauchbar wird.

Die mannigfaltigen Nachtheile jedoch, welche mit der Anwendung eines flüssigen Sprengstoffes verbunden sind, führten Nobel dazu, das Sprengöl von porösen festen Körpern aufsaugen zu lassen und in dieser festen Form als Dynamit zu verwenden.

Was die sonstigen Anwendungen des Nitroglycerins betrifft, so hat Nobel es zu Signal- und Nothschüssen empfohlen.

*) H. Schwanert in Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., Band 4, S. 449.

Digitized by Google

Als er sich 1863 sein mit Nitroglycerin getränktes Schießpulver hatte patentiren lassen, wurden unter seiner Leitung in der Festung Carlsborg am Wetternsee in Schweden Granaten, mit dem patentirten Sprengpulver gefüllt, geworfen, wobei sich eine fünf- bis siebenfache Wirkung des neuen Pulvers gegen gewöhnliches Kanonenpulver herausstellte. 30pfündige Kugeln wurden damit dreimal weiter als mit Pulver geworfen.

Raketen, welche als Versetzung $^1/_2$ Kilogr. Nitroglycerin enthielten, wurden 300 Meter hoch getrieben und entluden sich dann mit heftigem Knall und heller Lichterscheinung.

Der früheren medicinischen Anwendung des Nitroglycerins in Amerika unter der Bezeichnung »Glonoin« haben wir bereits bei der Geschichte dieses Sprengstoffes gedacht.

Neuerdings*) hat man Nitroglycerin als Mittel gegen angina pectoris und gegen Seekrankheit empfohlen. Man imprägnirt zu diesem Zwecke kleine Täfelchen, denen Chocolade-Parfüm beigebracht ist, mit je einem Tropfen einer einpercentigen Nitroglycerin-Lösung und führt die Täfelchen in einer Büchse verschlossen bei sich.

Die Nitroglycerin-Präparate (Dynamite).

Die mit dem flüssigen Aggregatzustande des Nitroglycerins verbundenen mannigfachen Uebelstände, namentlich aber auch das Bestreben, das Sprengöl durch Vermischen mit einem unwirksamen, festen Bestandtheil weniger gefahrvoll in seiner Handhabung zu machen, führten dazu, daß man das

*) „Chemist and Druggist", Band 21, S. 287.

Digitized by Google

Sprengöl von porösen festen Stoffen aufsaugen ließ und in dieser neuen Form unter dem Namen Dynamit anwendete.

Ursprünglich verstand man unter Dynamit nur das durch Aufsaugen von Sprengöl durch Kieselguhr (feine weiße Infusorienerde) erhaltene Präparat (das heutige Kieselguhr-Dynamit Nr. 1). Gegenwärtig versteht man unter Dynamiten überhaupt jeden mit Nitroglycerin getränkten Explosivstoff, wobei ganz einerlei, welches die Natur des Aufsaugestoffes ist.

Die ziemlich zahlreiche Classe der Dynamite läßt sich jedoch in zwei von einander scharf getrennte Gruppen theilen, nämlich in die Dynamite mit chemisch unwirksamem Aufsaugestoff und in die Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff. Zu ersteren gehört eigentlich nur das Kieselguhr-Dynamit Nr. 1. Die Kieselerde, welche das Sprengöl aufgesaugt enthält, übt bei der Explosion des Dynamits Nr. 1 keinerlei chemische Wirkung auf das Nitroglycerin oder seine Explosionsgase aus. Die Kieselerde bildet vielmehr völlig unverändert den Explosionsrückstand des Dynamits Nr. 1.

Ganz anders verhalten sich die Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff. Letzterer betheiligt sich unter allen Umständen mit seinen chemischen Bestandtheilen an der Explosion und verändert durch seine Mitwirkung die Zusammensetzung und wirkende Kraft der Explosionsgase des Nitroglycerins.

Die Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff haben oft den Zweck, die allzu rasche Explosion des Sprengöls oder des Dynamits Nr. 1 zu verlangsamen und die brisante (heftig sprengende) Wirkung der Explosionsgase des Nitroglycerins in eine mehr treibende, stoßende zu verwandeln. Zugleich sind viele dieser Dynamite gefahrloser zu handhaben, als Dynamit Nr. 1, weil sie weit weniger Sprengöl als letzteres enthalten. Dadurch aber, daß der chemisch wirksame

Digitized by Google

Aufsaugestoff die Verbrennung des Dynamits zu einer möglichst vollständigen macht, wird bewirkt, daß manche der Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff bei gleichem Gehalt der Patronen an Nitroglycerin wirksamer sind als Dynamit Nr. 1.

Die Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff lassen sich ihrerseits wieder in drei Classen theilen und können wir unterscheiden: 1. Dynamite, welche als Bestandtheile Kieselguhr-Dynamit (respective Nitroglycerin) und eine schießpulverähnliche Mischung enthalten. Hierher gehören der Lithofracteur, der füglich als aus Dynamit und Barytsalpeter-Schießpulver zusammengesetzt angenommen werden kann, ferner das Coloniapulver, ein jetzt nicht mehr verwendetes Dynamit, welches aus Nitroglycerin, aufgesaugt von einer sprengpulverähnlichen Mischung, bestand; endlich Brain's Sprengpulver, eine schwefelfreie pulverähnliche Mischung, die Nitroglycerin aufgesaugt enthält. 2. Dynamite, deren Aufsaugestoff Holzsubstanz oder nitrirte Holzsubstanz ist. Hierher gehören die Lignose (mit Nitroglycerin getränkte Holzfaser), das Dualin (mit Nitroglycerin getränktes nitrirtes Sägemehl), das Cellulose-Dynamit (mit Nitroglycerin getränkter eigenthümlich präparirter Holzstoff), sowie die Dynamite 2, 3 und 4 (mit Nitroglycerin getränkte Mischungen von Holzmehl und Salpeter oder ähnlichen Stoffen). 3. Dynamite, welche Schießwolle, respective Collodiumwolle und Nitroglycerin enthalten. Hierher gehören das Schießwoll-Dynamit und die Spreng-Gelatine (Gelatine-Dynamit).

Von allen diesen Dynamiten sind von größerer Wichtigkeit nur Kieselguhr-Dynamit 1, Dynamit 2, 3 und 4, Cellulose-Dynamit, Spreng-Gelatine und Lithofracteur.

Wir besprechen nunmehr die einzelnen Dynamite ganz in der von uns angegebenen Reihenfolge.

Digitized by Google

1. Dynamite mit chemisch unwirksamem Aufsaugestoff.

Das Kieselguhr-Dynamit. Man sagt, daß ein Zufall Nobel zu der so wichtigen Entdeckung dieses Dynamits geführt habe. Die Infusorienerde wurde längere Zeit zur Verpackung der Sprengöl enthaltenden Blechflaschen benutzt; nach dem Auslaufen einer solchen hatte man die Aufsaugungsfähigkeit der Infusorienerde bemerkt und sich durch Versuche überzeugt, daß die explosiven Wirkungen des Nitroglycerins fast vollkommen erhalten waren, dagegen die Neigung zum Explodiren erheblich vermindert war.

Nach anderen Angaben jedoch ist das Dynamit die Erfindung des Oberbergraths Schell zu Grund bei Klausthal am Harz, der zuerst das als Sprengöl verwendete Nitroglycerin mit leichten, porösen Erden vermengte und durch dieselben aufsaugen ließ. Wie dem auch sei, so ist jedenfalls Nobel es gewesen, der das Dynamit in die Sprengtechnik einführte.

Die Fabrikation des Kieselguhr-Dynamits.*) Die als Aufsaugestoff des Nitroglycerins verwendete Infusorienerde kommt an mehreren Orten, besonders schön und geeignet für die Dynamit-Fabrikation jedoch in einem ausgedehnten Lager bei Oberohe (Provinz Hannover) vor. Als für die Fabrikation des Dynamits schädliche Bestandtheile der Infusorienerde sind zu betrachten ihr Gehalt an Feuchtigkeit, organischen Stoffen und an gröberen Kieselkörnern. Zur Entfernung der beiden erstgenannten Bestand-

*) Ausführliche Beschreibung der Fabrikation von Ferd. Capitaine in „Berg- und hüttenmännische Zeitung" 1873, S. 27; Uhland's „Maschinenconstructeur" 1872, Nr. 23, S. 356; „Polytechnisches Centralblatt" 1872, S. 1474; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 206, S. 34; Wagner's Jahresbericht 1873, S. 335.

Digitized by Google

theile wird die Infusorienerde geglüht. Sie kommt in einen Ofen, welcher vier über einander liegende Etagen enthält, in denen die Infusorienerde allmälich von den oberen nach den unteren geschoben wird. Zur Beseitigung der gröberen Kieselkörner wird die geglühte Infusorienerde mittelst Handwalzen zerdrückt und durch Siebe geschüttet, welche die noch vorhandenen gröberen Körner zurückhalten.

Die Mischung des Nitroglycerins wird meist in demselben Schuppen vorgenommen, wo die zum letzten Entsäuern des Nitroglycerins dienende »Buttermaschine« aufgestellt ist. 50 Pfund Infusorienerde werden in flachen Holzkasten mit 150 Pfund Sprengöl übergossen, worauf die Arbeiter die Masse mit bloßer Hand durchkneten. Da das Nitroglycerin — wie schon bei diesem erwähnt wurde — leicht in die Haut eindringt, so hatte man den Arbeitern Gummihandschuhe gegeben, um sie vor den giftigen Wirkungen des Nitroglycerins zu schützen. Die Handschuhe wurden jedoch bald wieder abgeschafft, da die Arbeiter das Durchkneten mit bloßer Hand als bequemer vorziehen.

In einer halben Stunde ist die Mischung vollendet. Die Masse kommt nunmehr auf Siebe aus Eisendraht, deren Maschen eine halbe Linie weit sind, und wird mittelst des Ballens der bloßen Hand durch die Siebelöcher gerieben. Die durchgesiebte Masse ist fertiger Kieselguhr-Dynamit, welcher nur noch in Patronen gebracht werden muß.

Die Dynamit-Patronen sind kleine Cylinder, in denen gepreßter Dynamit mit einer primitiven Umwickelung von starkem Pergamentpapier enthalten ist. Man unterscheidet drei Sorten Dynamit-Patronen: 1. gewöhnliche Dynamit-Patronen von 1—4 Zoll Länge und 1 Zoll Durchmesser; 2. Zündpatronen von 1 Zoll Länge und 1 Zoll Durchmesser; 3. Zündpatronen für gefrorenen Dynamit.

Digitized by Google

Die erstgenannten Patronen werden bei ihrem Gebrauche gewöhnlich von ihrer Papierhülle befreit und im Bohrloche fest gedrückt. Die Zündpatronen dienen zur Aufnahme des Zündhütchens, respective der Zündschnur, welche in dem Zündhütchen festgeklemmt wird. Die Patronen für gefrorenen Dynamit enthalten außer gewöhnlichem Dynamit noch Gemische von Salpeter und Colophonium oder von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon, oder ähnliche Zusätze, welche durch das Zündhütchen zuerst entzündet werden und sodann den gefrorenen Dynamit zur Explosion bringen.

Das Formen der Patronen wird auf folgende Weise bewerkstelligt: Ungefähr 10 Pfund Dynamit befinden sich in einem Leinwandbehälter, der unten offen ist und sich dort an ein trichterförmiges Messingstück anschließt. In dieses Messingstück reicht ein Kolben, welcher von oben in den Leinwandsack eintrifft und durch einen Hebel auf und ab bewegt werden kann. Bei der höchsten Stellung des Kolbens bleibt die Mündung des Trichters offen, so daß Dynamit eintreten kann, welcher beim Niedergange des Kolbens in den Trichter und den damit verbundenen röhrenförmigen Ansatz gepreßt wird und in Gestalt eines festen Cylinders von Dynamit unten austritt.

Der obere Rand des Leinwandsackes ist mit dem Hebel des Kolbens in Verbindung, der ihn also auf- und abrüttelt. Außerdem sind an den Seiten des Leinwandsackes Holzklappen angebracht, welche ebenfalls mit dem Hebel in Verbindung stehen und den Sack hin und her schütteln. So rückt das Dynamit beim Auf- und Niedergehen des Kolbens fortwährend nach.

Die unten am Trichter angeschraubte Röhre hat im Lichten den Durchmesser der Dynamitpatronen. Wenn nun durch die Bewegungen des Kolbenhebels diese Röhre ganz

Digitized by Google

gefüllt worden, wird ein entsprechendes Blatt Pergamentpapier herumgewickelt und der Cylinder von Pergament unter der Mündung der Röhre umgeschlagen, respective geschlossen. Bei der weiteren Bewegung des Kolbenhebels schiebt sich dann unten ein Cylinder von Dynamit vor, welcher die Hülse aus Pergament mitnimmt.

Eine Dynamitfabrik hat in der Regel etwa 10 kleinere Patronenhütten, in deren jeder 2 Maschinen und 2 Mann arbeiten. Jede Patronenhütte ist von der anderen durch einen Erdwall von 12 Fuß getrennt. Oft ist noch eine vollständige Reservefabrik gebaut für den Fall, daß die in Betrieb stehende ganz oder theilweise in die Luft fliegt. Die Schuppen sind aus Holz leicht gebaut, Dach und Seitenwände sind von innen mit Stroh gefüttert, so daß im Winter die Temperatur bequem auf 15 Grad erhalten werden kann. Die Beleuchtung geschieht von außen. Der Boden ist lockerer, feiner Sand.

Gefährlich bei der Fabrikation des Dynamits ist das Mengen der Infusorienerde mit dem Sprengöl, sowie das Einpressen des fertigen Dynamits in die Patronenformen. Unglücksfälle sind also auch bei dieser Fabrikation leider nicht ausgeschlossen. Zum Beweise dessen geben wir ein Verzeichniß*) der größeren, in Dynamitfabriken von 1870 bis 1874 vorgekommenen Explosionen.

Am 26. Januar 1870 fand in der Dynamitfabrik zu Dünwald bei Köln am Rhein eine Explosion statt, welche 15 Menschen das Leben kostete; eine nicht minder verhängnißvolle am 29. Mai 1870 zu Krümmel (Herzogthum Lauenburg), sowie am 2. April zu Waldenburg (Oberschlesien), am 7. November in der Fabrik in der Zamkyschlucht bei

*) R. v. Wagner's „Handbuch der chem. Technologie", 10. Aufl., S. 207.

Digitized by Google

Prag; am 8. November explodirte die Dynamitfabrik von Dieterts zwischen Moabit und Spandau bei Berlin; am 17. November die Fabrik von Guttmann & Comp. bei Beuthen in Oberschlesien; am 8. April 1872 die erst im Jahre 1871 errichtete Dynamitfabrik zu Alt-Berau in Oberschlesien, am 24. April 1874 die Fabrik zu Lysacker bei Christiania.

Es läßt sich zuversichtlich behaupten, daß die allermeisten Explosionen nicht stattgefunden hätten, wenn die nöthige Vorsicht nicht außer Acht gelassen worden wäre. Gerade die relativ große Gefahrlosigkeit, mit welcher Dynamit sich handhaben läßt, erweckt in dem ungebildeten Arbeiter nur zu leicht das Gefühl der Sicherheit. Mit grenzenlosestem Leichtsinne wird der Dynamit nur zu häufig behandelt oder vielmehr mißhandelt, und ist es nur zu verwundern, daß die Explosionen nicht noch zahlreicher sind. Nur genaueste Unterweisung über die explosiven Eigenschaften des Dynamits, genaueste Anweisungen über seine Behandlung und rücksichtsloseste Strenge gegen jeden Zuwiderhandelnden vermag diesen traurigen Explosionen in Zukunft vorzubeugen.

Eigenschaften des Dynamits. Das Dynamit*) ist eine teigartige plastische Masse von 1·4 specifischem Gewicht und von gelb-röthlicher Farbe, fettig anzufühlen und ohne Geruch. Es besteht etwa aus 75 Theilen Nitroglycerin und 25 Theilen Kieselguhr.

Das Dynamit läßt sich nur durch explosive Körper, Zündhütchen, durch glühende Metalle, durch plötzliches Erhitzen auf einen hohen Wärmegrad und durch heftigen Schlag und Stoß zur Explosion bringen. Bei seiner Berührung mit

*) Neuerdings ist bei den Fachmännern die Bezeichnungsweise „das Dynamit" adoptirt worden, während es früher „der Dynamit" hieß.

Digitized by Google

Licht, Lunte oder einer brennenden Zündschnur verbrennt es, ohne zu explodiren, wie feuchtes Pulver. Es liegt dies daran, daß Dynamit, wie überhaupt alle aus dem Nitroglycerin gefertigten Präparate, zu den nicht direct explodirbaren Körpern gehört, weil seine Explosions-Temperatur beträchtlich höher liegt als seine Entzündungs-Temperatur.

Die Kieselguhr des Dynamits hält das aufgesaugte Nitroglycerin so fest, daß letzteres selbst durch starken Druck nicht herausgepreßt wird. Die Ursache, weshalb ein so beträchtlicher Zusatz von Kieselguhr zu dem Nitroglycerin die explodirende Wirkung des letzteren nur sehr wenig vermindert, liegt daran, daß diese Mischung den ununterbrochenen Zusammenhang der explosiven Substanz nicht unterbricht. Das von einer solchen Mischung umgebene detonirende Knallqueckſilber der Zündhütchen befindet sich an allen Punkten mit einem Theile des Nitroglycerins in Berührung, ohne daß der Zusammenhang der Theile des letzteren aufgehoben ist. Es pflanzt sich daher die Detonation durch das Gemenge mit derselben Leichtigkeit fort, wie wenn die Flüssigkeit nicht mit einem solchen Körper gemengt wäre. Mengt man aber einen festen, trägen Körper mit einem gleichfalls festen, fein zertheilten Explosivstoff, so ist die Entwicklung der Explosion oder ihre rasche Fortpflanzung gehemmt, und zwar entweder in Folge der Verminderung der Berührungspunkte zwischen dem detonirenden Initial-Agens*) und der Substanz, deren Explosion das erstere bewirken soll, oder durch die Schranke, welche die zwischenliegenden, nicht explodirbaren Theilchen der schnellen Fortpflanzung der Explosion entgegensetzen, oder

*) Ein Explosivstoff, der, wie z. B. Knallqueckſilber, durch seine Explosion die Explosion eines an und für sich nicht direct explodirbaren Stoffes (wie z. B. Dynamit) einleitet, wird detonirendes Initial-Agens genannt.

Digitized by Google

auch durch beide Ursachen. So wird z. B. die leichte Explodirbarkeit des Knallquecksilbers sehr beträchtlich abgeschwächt, wenn man letzteres mit einem unwirksamen feinen Pulver, z. B. spanischem Weiß, vermischt.*)

Durch Berührung mit Feuer oder glühenden Körpern verbrennt Dynamit selbst in Mengen von mehreren Pfunden ohne Explosion, wenn es nicht in sehr festen Hüllen eingeschlossen ist.**) Temperaturen unter 60 Grad C. haben selbst bei langer Dauer keine nachtheilige Einwirkung auf Dynamite. Diese können also ohne Schaden der Sonnenwärme ausgesetzt werden.

Durch Berührung der Schleimhäute der Nase oder des Mundes mit Dynamit können heftige Kopfschmerzen entstehen, daher einige Vorsicht vor solch' directer Berührung zu beobachten ist, was um so leichter möglich ist, da alles Dynamit in fertigen Patronen geliefert wird.

Durch sehr starke Stöße und Schläge zwischen harten Körpern kann Dynamit explodiren, dagegen wird es selbst durch sehr heftige Stöße von Holz gegen beliebige Unterlagen nicht zur Explosion gebracht. Legt man Dynamit auf einen Amboß, so gelingt es nur durch die stärksten Hammerschläge, die direct getroffenen Theile zur Explosion zu bringen. Im Allgemeinen ist also das Dynamit ein ungefährlich zu handhabender Körper. Jedoch muß man sich stets der in ihm nur leise schlummernden höchst explosiven Kräfte erinnern

*) „Studien über die Eigenschaften explosiver Körper" von Abel, beschrieben in „Comptes rendus" 1874, Band 78, S. 1227, 1301, 1362, 1432; in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 213, S. 145, 314 und 427.

**) Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 190, S. 125 und Band 193, S. 495.

Digitized by Google

und bei seiner Handhabung die äußerste Vorsicht nie außer Acht lassen.

Um die unter gewöhnlichen Umständen relative Gefahrlosigkeit des Dynamits zu zeigen, lud die Firma Alfred Nobel & Comp. die Mitglieder der chemischen Section der 49. Versammlung von Naturforschern und Aerzten in Hamburg (September 1876) zur Besichtigung der Dynamitfabrik Krümmel bei Lauenburg ein. Es wurden hierbei folgende Versuche*) angestellt.

1. Ein Fäßchen mit etwa $2^1/_2$ Kg. Dynamit wurde in einer Höhe von 6 Meter auf das Steinpflaster wiederholt fallen gelassen, ohne daß es explodirte.

2. Ein circa 10 Kg. schweres Gewicht wurde in der Höhe von etwa 6 Meter auf eine Patrone mit Dynamit, die auf einer Steinunterlage ruhte, fallen gelassen. Die Patrone wurde vollständig platt geschlagen, ohne zu explodiren.

3. Ein Fäßchen mit Dynamit (7·5 Kg. Ladung) wurde mit brennender Cigarre entzündet. Es verbrannte ruhig ohne Explosion und ohne Beschädigung des Fäßchens.

4. Ein geschlossenes Fäßchen mit $12^1/_2$ Kg. Dynamit in ein offenes Feuer geworfen, verbrannte ohne Explosion.

Eine bekannte Eigenthümlichkeit des Dynamits ist es, daß es seine enorme Kraft vorzugsweise nur gegen die nächste Umgebung, namentlich gegen eine feste Unterlage richtet. Eine Anwendung davon hat man z. B. beim Rammelsberger Bergbau gemacht zur vortheilhafteren Zerkleinerung der durch Sprengarbeit gewonnenen großen Schwefelkiesstücke. Eine Dynamitpatrone wird fest auf die obere Fläche eines solchen Erzstückes gelegt, mit feuchtem Thon dicht überdeckt und angezündet. Das Erzstück wird durch die nach unten drückende

*) Dingler's „Polytechn. Journ." Band 223, S. 224.

Digitized by Google

Kraft des explodirenden Dynamits auseinander geworfen oder so in seinem Zusammenhang gelockert, daß es leicht zerschlagen oder durch eine zweite Dynamit-Auflage vollends gesprengt werden kann.

Bei Temperaturen unter 8 Grad gefriert das im Dynamit enthaltene Nitroglycerin und ersteres wird hart. Gefrorenes Dynamit wird auf dieselbe Weise wie gefrorenes Nitroglycerin unter Beobachtung derselben Vorsichtsmaßregeln aufgethaut (siehe den Dynamit-Wärmapparat in der »praktischen Anwendung der explosiven Stoffe«).

Das gefrorene (und zwar ganz, nicht theilweise gefrorene) Dynamit ist gegen Stoß, Schlag, Schuß und Wärme unempfindlicher als nicht gefrorenes. Die Gründe für dieses Verhalten sind genau dieselben wie die beim gefrorenen Nitroglycerin. In neuerer Zeit hat übrigens auch Fil. Heß*) durch praktische Versuche die größere Unempfindlichkeit des Dynamits im gefrorenen Zustande nachgewiesen.

Die relative Gefahrlosigkeit, welche mit der Handhabung und dem Transporte des Dynamits verbunden ist, haben zahlreiche Versuche**) dargethan. Wir erwähnen hiervon nur noch die bekannter gewordenen schweizerischen Versuche***) von Bolley, Pestalozzi und Kundt. Diese Versuche sollten namentlich auch die Größe des Stoßes bestimmen, welcher zur Entzündung nöthig ist. Es wurden zu diesem Zwecke Blechpatronen, in welchen das Sprengmaterial fest eingeschlossen war, aus Windbüchsen gegen eine

*) Nach den „Mittheilungen aus dem Laboratorium des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité in Wien" in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 220, S. 478.

**) Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 189, S. 430; Band 192, S. 174; Band 193, S. 490.

***) Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 193, S. 490.

Digitized by Google

13½ Meter entfernte senkrechte Felswand abgeschossen. Die dünnwandigen Patronen explodirten, die dickwandigen nicht, wohl wegen ihrer geringeren Anfangsgeschwindigkeit. Diese wurde zu 40 Meter in einer Secunde ermittelt. Durch eine Bickford'sche Zündschnur wurde nicht einmal eine Entzündung erreicht.

Die Anwendung des Kieselguhr-Dynamits. Die Vorzüge, welche Dynamit als Sprengmittel vor dem Schießpulver besitzt, bestehen in der weit einfacheren und kürzeren Fabrikation des Dynamits, in der großen Zeit-, Kosten- und Arbeiter-Ersparniß und in der größeren Verwendbarkeit des Dynamits (in feuchtem Gestein oder ohne Herstellung eines Besatzes). Bei Sprengungen unter Wasser sind wasserdichte Hüllen für die Dynamit-Patronen nothwendig.

Kein anderer Sprengstoff hat nur im entferntesten eine so vielseitige Verwendung bis jetzt gefunden, wie das Dynamit in seinen verschiedenen Nummern (Dynamit 1, 2, 3 und 4). In der Civilsprengtechnik wird es angewendet zu Sprengungen von Gestein, Holz, Eis, Eisen, Mauerwerk, zur Lockerung des Bodens in der Land- und Gartenwirthschaft, sowie zur Beseitigung von Wurzelstöcken in der Forstwirthschaft; in der Kriegstechnik gebraucht man ihn zur Zerstörung von Geschützen, Mauerwerk, Pallisaden, sowie zu submarinen Sprengungen als Füllung von Seeminen und Torpedos.

Diese einzelnen Anwendungen werden späterhin*) noch ausführlich besprochen werden, so daß wir sie hier übergehen.

Nur beiläufig seien hier von den anderen Anwendungen der Dynamite noch erwähnt: Das Schlachten des Viehes

*) In den „praktischen Anwendungen der Explosivstoffe".

Digitized by Google

mit Dynamit.*) Ein Stück Dynamit von der Größe eines Fingerhutes wird auf die Stirne von Bullen und Pferden befestigt und mittelst Sicherheitszünders explodiren gelassen.

Die gewaltige Erschütterung, welche eine unter Wasser explodirende Dynamit-Patrone erzeugt, hat zur Folge, daß die Fische in weitem Umkreis betäubt auf der Oberfläche des Wassers sich ansammeln. Man hat dies benutzt, um während der Belagerung von Paris Fischerei im Großen zu betreiben. Auch Wilderer benützen wohl nicht selten dieses allerdings sehr bequeme Verfahren des widerrechtlichen Fischfanges.

Ueber die ökonomische Bedeutung und die Gefährlichkeit der Dynamite hat sich J. Traugl,**) der Erfinder des Cellulose-Dynamits, in etwa folgender Weise ausgesprochen.

»Das Thomas'sche Verbrechen in Bremerhaven (11. December 1875) hat übertriebene Vorstellungen über die Gefährlichkeit der Dynamite in weiten Kreisen verbreitet und ist vielfach ein Verlangen nach gesetzlichen Beschränkungen der Fabrikation und des Transports der Dynamite laut geworden.

»Während erst im Jahre 1867 das Dynamit in die Praxis eingeführt wurde, sind gegenwärtig schon über 20 Fabriken in Thätigkeit, deren einige in ihrer Production den größten Staatspulverfabriken zur Seite stehen. Der gesammte Consum an Dynamit betrug 1876 weit über 100.000 Zollcentner, ein Quantum, welches an Kraft etwa einer Viertel-Million Centner des alten Schwarzpulvers entspricht. Um

*) „Milch-Zeitung" 1877, S. 436; Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 225, S. 612.

**) „Die Dynamite, ihre ökonomische Bedeutung und ihre Gefährlichkeit." Wien 1876; im Auszuge „Deutsche Industrie-Zeitung" 1876, S. 176 und 183.

Digitized by Google

diesen Dynamit-Consum richtig zu würdigen, hat man sich vorzustellen, daß die gesammte jährliche Schwarzpulver-Fabrikation der vier großen Militärstaaten des Continents nur $^1/_2$ Million Centner beträgt.

»Jeder Centner Dynamit bewältigt (sprengt) durchschnittlich etwa 20—30 Kubikklafter Gestein. Durch das Dynamit also wird jährlich die enorme Masse von 2—3 Millionen Kubikklafter Gestein von dem Felsgerippe der Erde losgelöst.

»Die Lösungsarbeit kostet pro Kubikklafter Gestein im Mittel 20 Mark, wobei aber gegenüber dem Schwarzpulver pro Kubikklafter wenigstens 5 Mark gespart werden. Der Ersatz des Schwarzpulvers durch das Dynamit ermöglicht also gegenwärtig schon einen Jahresgewinn von 10—15 Millionen Mark, um den wir Erze und Kohle billiger erhalten, Tunnels und Einschnitte wohlfeiler herstellen.

»Weitaus bedeutender jedoch noch ist der Gewinn, welcher sich in den Worten »Beschleunigung der bergmännischen Arbeit« zusammenfassen läßt. Dieselbe beträgt 20 bis 30 Percent.

»Die Gewinnung von 1000 Kubikklafter Gestein durch Schwarzpulver erfordert etwa die Arbeit von hundert Arbeitern durch ein Jahr. Um daher die Gesteinsmasse, die durch Dynamit jährlich gelöst wird, mit Schwarzpulver zu sprengen, müssen durch ein Jahr 200- bis 300.000 Arbeiter mit Sprengen beschäftigt werden. Dynamit spart an diesen Arbeitern mindestens 25 Percent und werden also 50- bis 75.000 Menschen weniger der Leben und Gesundheit in so hohem Grade gefährdenden bergmännischen Arbeit ausgesetzt.

»Die Erfahrung lehrt klar und scharf, daß die Pulver-Fabrikation gefahrvoller ist als die des Dynamits. In letzterer

Digitized by Google

wurden bis jetzt etwa zwanzig Unfälle mit Verlust von 40 bis 50 Menschenleben constatirt.*)

»Das 1872 abgegebene Urtheil des k. k. technischen Militär-Comités in Wien, welches entschieden die zahlreichsten und rationellsten Versuche mit Dynamit ausgeführt hat, lautete: »Der Transport des Dynamits unter gewöhnlichen Verhältnissen (bei einer Temperatur bis zu 60 Grad C.) ist ganz ungefährlich, sogar starke mechanische Erschütterungen (Schläge und Stöße) verträgt es, ohne zu explodiren, und wird nur durch starke Kapseln zur Detonation gebracht.«

Hierauf wendet sich Verfasser zu den angeblichen »Unfällen mit gefrorenem Dynamit«. »Nein! nicht das gefrorene Dynamit ist es, welches die Unglücksfälle veranlaßt, sondern das mit dem sträflichsten Leichtsinn vorgenommene Aufthauen des Dynamits. Die Schwierigkeit, gefrorenes Dynamit zu entzünden, bildete sogar anfangs ein ernstes Bedenken gegen die Einführung des Dynamits für militärische Zwecke, bis das österr. technische Militär-Comité ein sicheres Mittel zur Explosion des gefrorenen Dynamits fand.

»Das Dynamit gefriert schon bei + 8 Grad, also kann man annehmen, daß $^1/_3$ desselben in gefrorenem Zustande transportirt wird. In Ländern, wie Schweden, Norwegen, Finnland, Schottland, wird des kälteren Klimas wegen ein noch weit größerer Theil des Dynamits gefroren transportirt, und dennoch hat man von mit letzterem passirten Unfällen nichts gehört.«

Der Verfasser bespricht sodann die Frage, ob der

*) Die Explosionen von Pulverfabriken findet man sozusagen „natürlich", während jede Explosion einer Dynamitfabrik in den grellsten Farben in allen Blättern und Blättchen tagelang beschrieben wird. Daher stammt zum großen Theile die Meinung, daß die Fabrikation des Dynamits gefahrvoller sei als die des Pulvers.

Digitized by Google

Transport des Dynamits auf Eisenbahnen*) allgemein zu gestatten sei, eine Frage, welche er entschieden bejaht. »Vor weniger als zehn Jahren**) wurde das Nitroglycerin in verschwindenden Mengen für industrielle Zwecke verwendet, mehrere Staaten hatten harte Strafen auf Fabrikation und Transport von Nitroglycerin-Präparaten, ja selbst auf den Besitz derselben gesetzt, während jetzt schon die Dynamit-Fabrikation eine ausgebreitete Groß-Industrie geworden ist.

»Ein Verbot des Dynamit-Transportes per Bahn würde beispielsweise in Oesterreich-Ungarn gar nicht mehr durchführbar sein, das Dynamit würde einfach unter falscher Declaration versendet werden. Die Möglichkeit selbst verheerender Dynamit-Explosionen muß leider heute genau so mit Resignation hingenommen werden, wie es bisher bei dem immer mehr zurückgedrängten Schwarzpulver der Fall war, wie man Gruben-Explosionen nicht ausschließen kann, wie man auf Eisenbahnen fahren muß trotz aller Eisenbahnunglücke, wie man fortwährend Dampfkessel heizen lassen muß trotz der beständigen Explosionsgefahr, kurz, wie man das Leben hinnehmen muß mit allen den Gefahren, welche unerbittliche Naturgesetze ihm fortwährend bringen.

»Das richtige Mittel zwischen einem nicht mehr möglichen oder doch höchst gefährlichen Prohibitivsystem und dem ebenfalls gefährlichen Principe schrankenloser Freigebung auf dem Gebiete der Erzeugung, des Handels und Transports mit Explosivstoffen zu finden, ist allerdings keine leichte Aufgabe, deren Lösung jedoch mit erweiterter Erfahrung erwartet werden darf.«

---

*) In Oesterreich-Ungarn ist der Transport von Dynamit 1, 2, 3 und 4 auf sämmtlichen Eisenbahnen gestattet.

**) Der Verfasser schrieb dies im Jahre 1876.

Digitized by Google

Das Kieselguhr-Dynamit Nr. 1 ist bis jetzt eigentlich der einzige Repräsentant der Dynamite mit chemisch unwirksamem Aufsaugestoff.

Neuerdings hat man präparirten calcinirten Thon als Ersatzmittel der Infusorienerde empfohlen. Namentlich eignet sich hierzu der englische China clay, welcher gegenwärtig in großem Maße nach dem Continent (zur Papier- und Steingut-Fabrikation) ausgeführt wird. Wenn dieser den Kaolinen nahestehende Thon gelinde geglüht und hierauf fein gemahlen wird, so steht er der Infusorienerde in keiner Hinsicht an Aufsaugefähigkeit nach. Ja er übertrifft sie sogar noch wegen seiner alkalischen Beschaffenheit. Dieser geringe Gehalt an Alkali würde bei einer etwa eintretenden Zersetzung des Nitroglycerins die entstehende Säure sofort binden, das heißt die Zersetzung gefahrlos machen. Außerdem würde durch Anwendung von geglühtem Thon in vielen Fällen der oft sehr weite Transport der Infusorienerde vermieden werden.

Man würde also einen derartigen Dynamit zum Unterschied von dem gewöhnlichen Kieselguhr-Dynamit »Thon-Dynamit« zu nennen haben.

Auch Boghead-Kohlenasche hat man als Aufsaugestoff empfohlen.

2. Dynamite mit chemisch-wirksamem Aufsaugestoff.

Hierher gehören, wie an früherer Stelle schon angeführt wurde, Lithofracteur (Coloniapulver), Brain's Sprengpulver, Lignose, Dualin, Cellulose-Dynamit, Dynamit Nr. 2, 3 und 4, Schießwoll-Dynamit und Gelatine-Dynamit (Spreng-Gelatine). Wir wollen diese Explosivstoffe der Reihe nach besprechen.

Digitized by Google

1. Lithofracteur.*) Ueber diesen neuen, von Engels erfundenen und von Gebr. Krebs & Comp. in Köln fabricirten Sprengstoff, welcher in seiner Wirkung dem Kieselguhr-Dynamit nahezu ebenbürtig erscheint, sind bisher nur dürftige und oft unrichtige Angaben gemacht worden.

Der Krebs'sche Lithofracteur enthält in 100 Theilen 55 Theile Nitroglycerin, und obgleich dieses 20 Theile weniger ist als in Kieselguhr-Dynamit 1, so ist trotzdem die Explosionskraft des Lithofracteurs größer als in Dynamit 1 wegen der absolut vollständigen Verbrennung des Nitroglycerins und der Anwesenheit anderer chemisch auf einander wirkenden Substanzen, die bei der Explosion eine sehr hohe Temperatur und eine große Menge hoch gespannter Gase entwickeln. In Folge der Natur dieser Substanzen und der vollständigen Verbrennung des Nitroglycerins im Lithofracteur, bestehen die Gase nur aus Kohlensäure, Stickstoff, Wassergas und einer Spur schwefliger Säure, sind frei von Dampf und in keiner Weise der Gesundheit schädlich oder durch Rauch die Leuchtkraft der Lampen in den Bergwerken beschränkend.

Die 45 Theile außer Nitroglycerin, welche den Lithofracteur zusammensetzen, enthalten nur 21 Theile Infusorienerde und 24 Theile andere, absorbirende Substanzen, welche das Nitroglycerin nicht nur in Suspension halten, sondern bei der Explosion sich fast vollständig in Gase von hoher Temperatur und Spannung umsetzen.

Diese Substanzen sind Kohle, präparirte Weizenkleie, präparirtes Sägemehl, Barytsalpeter, doppeltkohlensaures Natron, Braunstein und Schwefel. Sie sind in solchen Verhältnissen gewählt, daß sie bei der Explosion die höchste

*) Nach directen Mittheilungen der Gebr. Krebs & Comp. an den Verfasser.

Digitized by Google

Temperatur und größte Gasmenge entwickeln und dabei waren die folgenden Gesichtspunkte maßgebend. Holzkohle, präparirte Kleie und präparirtes Sägemehl, das von Harz befreit und mit Salpeter getränkt ist, sind nicht nur gute Absorptionsmittel für Nitroglycerin, sondern sie werden auch bei der Explosion durch den Ueberschuß von Sauerstoff vollständig in Kohlensäure und Wasserdampf verwandelt.

Der in kleiner Menge zugeführte Schwefel wird gleichfalls in ein Gas, schweflige Säure, verwandelt, während Barytsalpeter und Braunstein in hoher Temperatur eine große Menge freien Sauerstoffs abgeben, der die vollständige Verbrennung von Nitroglycerin, Kohle, Kleie, Sägemehl und Schwefel bewirkt und die höchstmögliche Temperatur hervorbringt.

Endlich hat der Zusatz einer geringen Menge von doppeltkohlensaurem Natron einen doppelten Zweck. Bei der Aufbewahrung und Darstellung des Lithofracteur wirkt es als Schutzmittel gegen freiwillige Zersetzung, die bei Nitroglycerin möglich wäre, das durch Unvorsichtigkeit nicht ganz frei von Säure sein sollte, weil solche Spuren von Säure durch die Gegenwart des doppeltkohlensauren Natrons neutralisirt werden. Wenn ferner der Lithofracteur gezündet ist, wird das doppeltkohlensaure Natron durch die bei der Explosion entwickelte ungeheure Hitze in freie Kohlensäure und kaustische Soda zerlegt, wodurch die Menge der expandirenden Gase und die Kraft des Sprengmittels überhaupt wesentlich vermehrt werden.

Beim Verbrennen einer Lithofracteur-Patrone in freier Luft entwickelt sich nicht der mindeste Rauch; ebensowenig ist ein Geruch dabei bemerkbar. Der Lithofracteur brennt gleichmäßig mit orangegelber Flamme ab und hinterläßt eine zusammengesinterte, scharf anzufühlende, graue Asche.

Digitized by Google

Diese Asche giebt beim Behandeln mit Wasser im Filtrat nur eine schwache Reaction auf Baryt; ein Beweis, daß der im Lithofracteur enthaltene (in Wasser lösliche) salpetersaure Baryt beim Verbrennen eine fast vollständige Zersetzung erlitten hat, insofern als sich kieselsaurer Baryt bildet und der Stickstoff der Salpetersäure des ursprünglichen salpetersauren Baryts frei geworden ist und seine expansive Kraft ausgeübt hat.

Es ist ferner in dem Filtrat keine Schwefelverbindung nachzuweisen. Beim Behandeln des Rückstandes mit Salzsäure findet keine Kohlensäure-Entwickelung statt; eine äußerst schwache Reaction auf Schwefelwasserstoff ist bemerkbar. Es hat also auch der geringe Gehalt an Schwefel eine Zersetzung erlitten.

Die übrigen organischen Substanzen haben bei der Verbrennung theils dieselbe gefördert, theils durch Bildung ihrer eigenen Gase vortheilhaft die explosive Kraft des Sprengstoffes vermehrt.

Faßt man nun die Zusammensetzung des Lithofracteur genauer in's Auge, so finden sich in demselben annähernd dieselben Substanzen wie im gewöhnlichen schwarzen Pulver, vermischt mit Dynamit. Anstatt des Kalisalpeters im Pulver vertritt hier der Barytsalpeter dessen Stelle. Den Kohlenstoffgehalt liefern die übrigen Substanzen, während Nitroglycerin und Infusorienerde (die Bestandtheile des Kieselguhr-Dynamits) den anderen Theil des Sprengstoffes ausmachen.

Der Lithofracteur kann hiernach als ein Zwischenglied von Pulver und Dynamit betrachtet werden, und ist es in der That. Er besitzt einerseits bei der Explosion die treibende Kraft des Schießpulvers, andererseits die brisante Kraft des Dynamits, und ist aus diesen Ursachen jedem der beiden einzelnen Materialien in allen Fällen vorzuziehen, wo eine

Digitized by Google

mehr hebende und zerklüftende als zermalmende Wirkung beim Gesteinssprengen erzielt werden soll. Die Entwickelung der Gase bei der Verbrennung des Lithofracteur ist eine verlangsamte und wirkt ohne Kraftverlust im weiteren Umkreise auf den betreffenden Widerstand.

Gegen starken Druck und Stoß ist Lithofracteur in hohem Grade unempfindlich. Eine Gewehrkugel, welche durch eine Lithofracteur-Patrone geschossen wurde, bewirkte nicht Entzündung. Eine mit 330 Gramm geladene Granate wurde abgefeuert und crepirte beim Aufschlage nicht. Eine Büchse mit 2·5 Kilogr. Lithofracteur wurde beim Falle aus einer Höhe von 50 Meter zertrümmert, explodirte jedoch nicht.*) Dagegen explodirt Lithofracteur bei kräftigem Schlag von Eisen auf Eisen.

Nach Luckow**) soll die beste Sorte Lithofracteur so viel leisten wie die sechs- bis siebenfache Menge Sprengpulver.

Versuche, welche mit Dynamit und Lithofracteur am Brisanzmesser angestellt wurden, ergaben folgende Resultate:

Eine Patrone mit 20 Gramm Lithofracteur geladen und abgebrannt zeigte am Brisanzmesser 12·25 Grad, desgleichen eine mit 20 Gramm Dynamit 14·50 Grad.

Eine andere Patrone mit 20 Gr. Dynamit (mit 75 Percent Nitroglycerin) gab ebenfalls 14·50 Grad, dagegen eine Patrone mit Lithofracteur von 27·25 Gramm, also mit demselben Nitroglyceringehalt, ergab 15 Grad am Brisanzmesser.

Das größere Resultat der Wirkung bei Lithofracteur muß daher, bei gleichem Gehalt der Patronen an Nitro-

*) Weitere praktische Versuche siehe unter: „Die praktischen Anwendungen der Explosivstoffe".

**) C. Luckow: „Ueber Sprengpulver 2c., speciell Lithofracteur". Deutz 1869.

Digitized by Google

glycerin, den übrigen zugesetzten Substanzen zuerkannt werden, wodurch sich eben der Lithofracteur vom Dynamit augenfällig unterscheidet.

Es ist nicht selten beobachtet worden, daß Dynamit-Patronen, namentlich wenn dieselben lang sind, nur theilweise explodiren, so daß der untere vom Zündhütchen entferntere Theil unverbrannt liegen bleibt, oder bei Sprengungen ohne Bohrloch mit losem Besatz, ein Theil der Patrone, ohne zu explodiren, weggeschleudert wird und daher wirkungslos ist.

Bei Lithofracteur sind diese Beobachtungen nicht gemacht worden und hat dies seinen Grund in den durch die ganze Masse vertheilten, leicht entzündbaren Substanzen und seiner nicht allzu raschen Verbrennung.

Ein anderer Vorzug des Lithofracteur vor dem Dynamit soll darin bestehen, daß er bei feuchtem und regnerischem Wetter, wo Sprengmaterial ohne äußere Umhüllung angewendet werden muß, stets zur Explosion gebracht werden kann, während in demselben Falle Dynamit häufig versagt.

Ueber die praktischen Anwendungen des Lithofracteurs siehe den betreffenden späteren Abschnitt. *)

2. Das Coloniapulver. **) Wie der Lithofracteur aufzufassen ist als ein mit den Bestandtheilen des Schießpulvers vermischter Kieselguhr-Dynamit, so ist das Coloniapulver eine mit Nitroglycerin getränkte, in ihrer Zusammensetzung etwas veränderte Schwarzpulver-Mischung.

Das Coloniapulver wurde von Wasserfuhr in Köln in den Handel gebracht. Es gab frisch fabricirt ganz brillante Resultate. Nach Versuchen bei Bonn sollte das Präparat

*) „Die praktischen Anwendungen der Explosivstoffe."

**) „Deutsche Industrie-Zeitung" 1871, S. 58; Wagner's Jahresbericht 1871, S. 310.

Digitized by Google

unter günstigen Umständen fünf- bis sechsmal so stark als gewöhnliches Pulver wirken. Bei längerem Liegen zeigte es jedoch den erheblichen Uebelstand, daß sich das Nitroglycerin ausschied und dadurch Gefahren bei der Anwendung bot. Es wird deshalb schon seit einigen Jahren gar nicht mehr von Wasserfuhr*) fabricirt.

3. Brain's Sprengpulver.**) Das neue Pulver ist die Erfindung des englischen Berg-Ingenieurs W. B. Brain und besteht aus 60 Percent eines Satzes, der aus chlorsaurem Kali, salpetersaurem Kali, Holzkohle und Eichensägemehl zusammengesetzt ist, und 40 Percent von demselben aufgesaugten Sprengöl.

Die Kraft dieses Sprengmittels ist 25 bis 30 Percent höher als die eines gleichen Gewichtes Dynamites anzunehmen. Charakteristisch für den neuen Sprengstoff ist, daß seine Wirkung mit zunehmendem Widerstande und der Härte des zu sprengenden Materiales rasch zunimmt. In den Basaltbrüchen ist seine Wirkung eine ganz enorme, wie die Versuche in dem Basaltbruch von Adrian bei Oberkassel im Siebengebirge gezeigt haben. Dagegen ist im Löß seine Wirkung äußerst gering, weil die Masse zu lose und zu weich ist.

Mit einer Zündschnur ohne Zündhütchen entzündet, brennt das Pulver mit rother, ziemlich rauchender Flamme rasch, aber ohne Explosion ab.

Mit diesem Brain'schen Sprengpulver, welches in

---

*) Nach brieflichen Mittheilungen von Wasserfuhr an den Verfasser.

**) „Berg- und hüttenmännische Zeitung" 1875, S. 371; „Berggeist" 1875, S. 181; „Polytechnisches Centralblatt" 1875, S. 1423; Wagner's Jahresbericht 1875, S. 532; „Bulletin de la soc. chim." 1875, Nr. 5, S. 236; „Industrieblätter" 1876, Nr. 4, S. 34; „Chem. Centralblatt" 1876, S. 736.

Digitized by Google

der Dynamitfabrik der Gebr. Krebs & Comp. in Kalk bei Köln angefertigt wird, wurden gelegentlich einer Excursion, welche die General-Versammlung des Vereines deutscher Ingenieure am 31. August 1875 von Aachen aus nach Altenberg unternommen hatte, sehr zufriedenstellende Versuche angestellt.

4. Lignose.*) Während die bisher besprochenen drei Dynamite mit chemisch-wirksamem Aufsaugestoff füglich betrachtet werden können als Mischungen von Nitroglycerin, respective Dynamit mit etwas veränderten Bestandtheilen des Schießpulvers, sind die nun folgenden Dynamite Mischungen von Holzsubstanz, respective nitrirter Holzsubstanz mit Nitroglycerin, dem zuweilen noch ein Sauerstoffträger (Salpeter) beigemengt ist.

Die Lignose ist anscheinend mit Nitroglycerin getränkte Holzfaser. Dieselbe ist von Baron von Trützschler-Falkenstein in Müggelsheim bei Köpenik erfunden, und wurde bald nach ihrer Erfindung eine Lignosefabrik bei Kieltsch an der Rechte-Oder-Ufer Bahn errichtet.

Die Hoffnungen, daß die Lignose Ersatz für das schwarze Sprengpulver (zum Sprengen für nicht zu hartes Gestein, in Kohlengruben u. s. w.) biete, dürften kaum noch irgend wie in Erfüllung gehen.

Dieses Sprengmaterial wurde anfangs auf vielen oberschlesischen Gruben eingeführt und wurden mit ihm Versuche auf den oberschlesischen Steinkohlengruben »Mathilde«, comb. »Gottessegen« und »Florentine« angestellt. Für die Ein-

*) Mittheilung von Baron von Trützschler-Falkenstein in der „Deutschen Industrie-Zeitung" 1875, S. 375; „Praktische Versuche mit Lignose" in der „Deutschen Industrie-Zeitung" 1876. S. 405, hieraus in Wagner's Jahresbericht 1876, S. 478.

Digitized by Google

führung desselben wurde einestheils die größere Gefahrlosigkeit (verglichen mit Pulver und Dynamit), andererseits der Umstand geltend gemacht, daß es nach seiner Explosion fast gar keine belästigenden Gase zurücklasse. Beides ist falsch. Auf der Grube »Florentine« sind rasch hintereinander drei Unglücksfälle durch unerwartete Entzündung der Lignose vorgekommen. Die Explosionsgase zeigten sich nachtheilig für die Seh- und Athmungsorgane.

Mit der Einführung der Lignose hoffte man auch hauptsächlich dem Unwesen der widerrechtlichen Aneignung und des Handels mit Sprengmaterialien, was bei den oberschlesischen Bergarbeitern bekanntlich sehr gebräuchlich geworden ist, durch Verwendung der im Kleinhandel nicht verkäuflichen Lignose zu steuern und hierdurch eine genaue Controle über den wirklichen Verbrauch an Sprengmaterial zu ermöglichen. Die Unverkäuflichkeit der Lignose hat selbstverständlich den Widerstand der Arbeiter gegen die Einführung derselben erregt.

Ein Nachtheil der Lignose ist ihre Empfindlichkeit gegen Nässe.

5. Das Dualin.*) Dasselbe ist von dem (auf einer Reise in Nordamerika im Jahre 1871 ermordeten) Artillerielieutenant Dittmar erfunden und ist ein Gemisch von Nitroglycerin mit Sägespänen, oder Holzzeug der Papierfabriken, das vorher mit einem Gemisch von Salpeter- und

*) Patentbeschreibung des Erfinders in Dingler's „Polytechnischem Journal", Band 196, S. 90; „Verhalten des Dualins gegen starken Stoß" in Wieck's „Gewerbe-Zeitung" 1870, S. 186; „Versuche mit Dualin im Staßfurter Salzlager" in der „Deutschen Industrie-Zeitung" 1870, Nr. 12; „Versuche im grauen Sandstein (bei Wien)" in „Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genieweſens", Jahrgang 1870, S. 473.

Digitized by Google

Schwefelsäure behandelt oder auch nur mit einer Lösung von Kalisalpeter getränkt wurde.

Das Dualin ist ein gelblich braunes Pulver von dem specifischen Gewicht 1·02. An freier Luft brennt es ohne Explosion. Jedoch ist es gegen Stoß, Schlag und Feuer empfindlicher als Kieselguhr-Dynamit und Lithofracteur. Namentlich wurde beobachtet, daß beim Ausbohren der Patrone (behufs Einsetzung des Zündhütchens) Unfälle vorkamen. Jetzt werden besondere Zündpatronen geliefert, in denen eine Aushöhlung zur Aufnahme der Kapseln angebracht ist.

Die Entzündung des Dualins erfolgt am besten durch ein starkes Zündhütchen, jedoch soll an trockenem Orte und bei festem Besatze auch eine Zündschnur schon genügen.

Die Dualin-Patronen sind zum Schutze gegen Feuchtigkeit mit Wasserglas überzogen.

Die Nachtheile des Dualins gegenüber dem Dynamit bestehen in seiner gefahrvolleren Handhabung und in seinem geringen specifischen Gewicht, wodurch die Ladungen einen weit größeren Raum einnehmen und in Folge dessen die Bohrlöcher entsprechend weiter gebohrt werden müssen. Auch ist die Holzfaser kein so guter Aufsaugestoff wie Kieselguhr und sind deshalb stärkere Patronenhüllen erforderlich.

Die von August Beckmann in Stockholm fabricirten Sprengmittel Sebastin und Serranin sind wahrscheinlich dualinähnliche Mischungen.

6. Das Cellulose-Dynamit.*) Dasselbe wurde von dem früheren k. k. österr. Geniehauptmann J. Trauzl erfunden und hat speciell präparirten Holzfaserstoff als Aufsauger des Nitroglycerins. Es vereinigt alle Vortheile des

*) „Deutsche Industrie-Zeitung" 1874, S. 136; „Polytechnisches Centralblatt" 1874, S. 727; Wagner's Jahresbericht, 1874, S. 423.

Digitized by Google

Kieselguhr-Dynamits mit dem Vortheile der Schießwolle, gegen Einwirkungen des Wassers unempfindlich zu sein. Der auf eigenthümliche Weise behandelte Holzstoff ist ein vollkommen geeigneter Aufsaugestoff, der 70 bis 75 Percent Sprengöl aufnimmt.

Dieses Sprengmittel bleibt in Berührung mit Wasser in seinen Mischungsverhältnissen constant und erlangt nach dem Auspressen und Trocknen vollkommen seine frühere Kraft. Es kann selbst bei 20 Percent Wassergehalt, wo es schon die Entzündlichkeit verloren hat, noch zur vollen Explosion gebracht werden.

Da über die Fabrikation dieses wichtigen Sprengstoffes Näheres noch nicht bekannt geworden ist, enthalten wir uns hier weiterer Bemerkungen.

7. Die Dynamite 2, 3 und 4. Von denselben ist nur bekannt, daß sie ein Gemenge von Salpeter und kohlenstoffhaltigen Körpern (wie Holzmehl) als Aufsauger des Nitroglycerins enthalten. Sie sind schwächer als Gelatine-Dynamit, Kieselguhr-Dynamit Nr. 1 und Cellulose-Dynamit.

Bei langem Liegen im Wasser scheidet sich ihr Nitroglyceringehalt aus (dasselbe Verhalten zeigt auch Dynamit 1) und der Aufsauger (Salpeter und Holzmehl) wird unverbrennlich und dabei unexplosibel gemacht. Nur kurze Zeit der Einwirkung des Wassers ausgesetzt, wie solches im Bergbau meist der Fall ist, bleiben sie völlig unverändert.

Alle Ladungen von Dynamit 1, 2, 3 und 4, welche unter Wasser zur Verwendung kommen, sollen durch wasserdichte Hüllen gegen den Einfluß der Nässe geschützt werden (beim Gelatine-Dynamit und Cellulose-Dynamit ist dies nicht nöthig).

Je mehr die Dynamite 2, 3 und 4 von dem Aufsaugestoff enthalten — und der Gehalt an letzterem steigt

Digitized by Google

mit der steigenden Nummer des Dynamits — destomehr kommt die Wirkung desselben bei der Explosion zur Geltung und tritt dagegen die des Nitroglycerins zurück. Demgemäß äußern die starken Dynamitsorten Nr. 1 und 2 eine mehr brechende, die schwächeren Dynamitsorten Nr. 3 und 4 eine mehr stoßende (dem Pulver ähnlichere) Wirkung.

Diese Abstufung in der Wirkungsweise der Dynamite 1, 2, 3 und 4 macht ihren Gebrauch gerade so werthvoll. Die Fälle, in welchen wir in der Sprengtechnik Dynamit 1 oder 2, 3 oder 4 anzuwenden haben, sind genau durch die Art der Wirkung jedes dieser Dynamite vorgeschrieben. (Näheres darüber in den »praktischen Anwendungen der Explosivstoffe«.)

8. Wir kommen nunmehr zu denjenigen Dynamiten, welche durch Vermischen von Schießwolle, respective Collodiumwolle, mit Nitroglycerin erzeugt werden.

Trauzl hat Versuche angestellt, die mit Nitroglycerin getränkte Schießwolle unter dem Namen »Schießwoll-Dynamit« zu verwerthen. Er fand, daß das Gemisch, welches durchaus gefahrlos zu handhaben und aufzubewahren ist, noch mit 15 Percent Wassergehalt in hohem Grade explosiv wirkt, wenn es mit starkem Zünder entzündet wird. Eine Mischung von 73 Theilen Nitroglycerin, 25 Theilen Schießwolle und 2 Theilen Kohle nahm nach viertägigem Liegen im Wasser 15 Percent von letzterem auf, konnte jedoch noch leicht zur Explosion mit einem starken Zünder gebracht werden.

Die offenbaren Vorzüge dieses Schießwoll-Dynamits waren die Ursache, daß man auch aus Collodiumwolle und Dynamit eine explosive Mischung herzustellen versuchte. Auf diese Weise wurde 8. die Spreng-Gelatine (Gelatine-Dynamit) erfunden, ein Explosivstoff, welcher bestimmt

Digitized by Google

sein dürfte, einen bedeutenden Fortschritt in der Erzeugung der Explosivstoffe hervorzubringen.

Ueber die Spreng-Gelatine*) ist bis jetzt Folgendes bekannt geworden:

A. Nobel fand, daß schon eine verhältnißmäßig geringe Menge (6—8 Percent) einer auf besondere Art erzeugten nitrirten Cellulose (aus Baumwolle oder Holzstoff, überhaupt aus Pflanzenzellenstoff gewonnen) im Stande sei, das flüssige und in diesem Zustande gefährliche Nitroglycerin in eine gummi- oder gelatineartige Masse überzuführen, welche einen sehr leicht direct als Sprengmittel verwendbaren Stoff giebt, selbst unter dem stärksten Druck kein Nitroglycerin losläßt, im Wasser vollkommen unveränderlich ist und in der Anwendung für militärische und außergewöhnliche Zwecke nahezu die doppelte Kraft wie Dynamit Nr. 1, die bis jetzt bekannte stärkste Dynamitsorte, entwickelt.

Da dieser Explosivstoff sich nur etwa 50—60 Percent theurer stellt als Dynamit Nr. 1, so ist dessen rasches Eindringen in die Praxis unbezweifelbar. Dasselbe wird bereits in größerem Maßstabe fabricirt.

Dieses neue Sprengmittel hat zugleich die Eigenschaft, daß durch gewisse Zusätze seine Explosibilität derart herabgesetzt wird, daß es auf nächste Distanzen (25 Meter) unter dem Aufschlage von Gewehrkugeln nicht explodirt, als Geschoßfüllung ohne Gefahr aus Geschützen geschossen, zum Laden von Seeminen verwendet werden kann, ohne der Gefahr leichter Explosion durch Nachbarminen ausgesetzt zu sein, kurz, alle Vortheile der comprimirten Schießbaumwolle als

*) Die nachfolgenden Angaben verdanken wir directen Mittheilungen von Julius Mahler in Wien, einer bekannten Autorität auf dem Gebiete der Sprengtechnik.

Digitized by Google

Kriegsmaterial hat, ohne deren immense Nachtheile zu besitzen.

Ausgedehnte, in den österreichisch-ungarischen Fabriken unter Leitung eines Vertreters des k. k. Reichs-Kriegsministeriums, des bekannten k. k. Genie-Hauptmannes Philipp Heß, und des Herrn J. Trauzl unternommene Versuche lassen es als zweifellos erscheinen, daß in Oesterreich, dessen Kriegsleitung der Aufschwung des Sprengwesens in erster Reihe zu danken ist, in kürzester Zeit ein Explosivstoff, der die comprimirte Schießwolle auch für Militärzwecke weit übertrifft, in großartigem Maße hergestellt wird.

Die Spreng-Gelatine ist der stärkste aller bis jetzt bekannten, in der Praxis verwendeten Explosivstoffe.

Man hat auch das gelatinirte Nitroglycerin in neuester Zeit auf Anregung des Ingenieurs A. Nobel mit Salpeterpulvern gemischt und nennt hauptsächlich dieses Gemisch von gelatinirtem Sprengöl und Salpeterpulver Gelatine-Dynamit, während man für das gelatinirte Sprengöl den Namen Spreng-Gelatine beibehalten hat.

In Oesterreich-Ungarn kommen gegenwärtig folgende Sorten dieses Sprengstoffes zur Verwendung:

a) die Kriegs-Spreng-Gelatine mit herabgesetzter Explosibilität;
b) die reine Spreng-Gelatine ohne allen Zusatz;
c) das Gelatine-Dynamit Nr. 1, mit Salpeterpulvern vermischt;
d) das Gelatine-Dynamit Nr. 2, mit Salpeterpulvern vermischt.

Die unter b verzeichnete reine Spreng-Gelatine übertrifft das Nobel'sche Dynamit Nr. 1 an Brisanz und Kraft bedeutend und ist gegen Wasser gänzlich unempfindlich. Es braucht deshalb bei Sprengungen unter Wasser nur

Digitized by Google

gegen die desformirende Kraft des bewegten Wassers (Strömung, Wellenschlag) geschützt zu werden.

Die unter c und d verzeichneten Gelatine-Dynamite Nr. 1 und 2 stehen gleich mit den gleich numerirten älteren Nobel'schen Dynamiten.

Anhang zu den Dynamiten. Wir haben hier noch kurz zwei Dynamite zu erwähnen, die für die Sprengtechnik indessen ohne jede Bedeutung sind. Dieselben gehören zu den Dynamiten mit chemisch-wirksamem Aufsaugestoff, lassen sich jedoch nicht gut in eine der von uns aufgestellten drei Unterabtheilungen einreihen. Sie sind auf der anderen Seite auch viel zu unwichtig, als daß man ihrethalben eine neue Unterabtheilung schaffen sollte. Diese Dynamite sind:

9. Das Fulminatin*) ist von Justus Fuchs (in Alt-Berau in Schlesien) erfunden worden und ist ein Gemisch von Nitroglycerin mit einer verbrennlichen organischen Substanz (angeblich Scheerwolle).

10. Das Pantopollit**) besteht aus 20 bis 23 Percent Infusorienerde, 2 bis 3 Percent Kreide, 7 Percent Schwerspat und bis zu 70 Percent einer Lösung von Naphtalin in Sprengöl. Dieser neue Sprengstoff wird (oder wurde?) von der rheinischen Dynamitfabrik zu Opladen fabricirt. Das Naphtalin sollte die bei der Explosion sich bildenden lästigen Dämpfe verhindern. Die Sprengwirkung war gut, jedoch der nach dem Abthun der Schüsse auftretende Geruch und Rauch so unangenehm, daß die Arbeiter sofort über heftige Kopf- und Brustschmerzen klagten und längere Zeit nicht weiter gearbeitet werden konnte.

*) Wieck's „Gew.-Ztg." 1872, S. 80.

**) „Deutsche Industrie-Zeitung" 1876, S. 109 und 408; Wagner's Jahresbericht 1876, S. 495.

Digitized by Google

Das Knallqueckſilber.

Geſchichtliches. Daſſelbe wurde im Jahre 1799 von Howard*) entdeckt und als ein höchſt exploſiver Stoff erkannt. Liebig und Gay-Luſſac**) erforſchten ſeine Zuſammenſetzung. Kekulé, ***) gegenwärtig Profeſſor der Chemie an der Univerſität zu Bonn, wies zuerſt nach, daß das Knallqueckſilber eine Nitroverbindung ſei.

Darſtellung des Knallqueckſilbers.†) Die hierzu nöthigen Rohmaterialien ſind Queckſilber, Salpeterſäure und Alkohol.

Das Gebäude, in welchem in den Zündhütchenfabriken die Herſtellung des Knallqueckſilbers vorgenommen wird, iſt ein geräumiger, gut ventilirter und ſauber gehaltener Schuppen, deſſen Wände von Holzlatten gebildet ſind.

Auf einer genauen Wage wird die nöthige Menge Queckſilber in einer Porzellanſchale abgewogen und die zur Auflöſung des Queckſilbers erforderliche Menge Salpeterſäure abgemeſſen und kalt in einen Glaskolben mit langem Hals eingegoſſen. Hierauf wird in denſelben Kolben das abgewogene Queckſilber geſchüttet und das Ganze auf einem Sandbade bis zum völligen Löſen erwärmt. Da die hierbei

*) Vergleiche Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 61, S. 192.

**) „Ann. chim. et phys.", Band 25, S. 285.

***) „Annalen der Chemie und Pharmacie", Band 101, S. 204.

†) „Ueber die Fortſchritte der Zündmittel für Feuerwaffen, mit beſonderer Berückſichtigung der Fabrikation der Zündhütchen", von H. Joſten in Barmen. Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 228, S. 518.

Digitized by Google

entwickelten Dämpfe giftig ſind, ſo ſteht das Sandbad in einem durch Glasſcheiben luftdicht abgeſchloſſenen Raume, von welchem aus durch eine direct zum Kamine führende ſeitliche Oeffnung die entwickelten ſchädlichen Gaſe ſofort hinweggeführt werden.

Neuerdings hat man auch die Anordnung getroffen, daß die dem Glasgefäße entſteigenden ſchädlichen Dämpfe in einen mit Kalkmilch angefüllten Behälter ſtrömen. Die mit dem Auflöſen des Queckſilbers beſchäftigten Arbeiter ſind mit Reſpiratoren verſehen.

Hat ſich alles Queckſilber in der Salpeterſäure gelöſt, ſo kühlt man den Glaskolben (ohne ihn der Zugluft auszuſetzen) ab. Mit einem von Zeit zu Zeit eingetauchten feinen Thermometer wird die Temperatur der Flüſſigkeit ermittelt.

Nunmehr bringt man, nachdem die ſalpeterſaure Queckſilberlöſung ſich gehörig abgekühlt hat, in einen großen Ballon, der wenigſtens den 18fachen Raum der zur Operation beſtimmten Flüſſigkeit haben muß, die zur Reaction nöthige Menge Spiritus. Man benutzt hierfür die gewöhnlichen großen Schwefelſäure- oder Salpeterſäure-Ballons.

Mit dieſen Ballons ſind durch Glasröhren eine Anzahl Woulf'ſcher Flaſchen verbunden, um die bei der Operation ſich ſehr ſtark bildenden Dämpfe in ſich aufzunehmen und zu condenſiren. Dieſe Kühlflaſchen ſind große, birnförmige Glasgefäße (früher benützte man ſtatt derſelben Condenſationstöpfe aus Steinzeug).

Die Kühlflaſchen ſtehen in mit Waſſer zur Hälfte gefüllten Käſten; während der ganzen Operation werden erſtere ſtets mit kaltem Waſſer überrieſelt, während das warm gewordene unten abgelaſſen wird.

Digitized by Google

Die in der Kühlflaſche gewonnene Flüſſigkeit — im Weſentlichen aus Säure, Spiritus und Zerſetzungs-Producten beider beſtehend — fließt aus dieſer beſtändig ab und rieſelt über eine in einem Faſſe befindliche Kalkſchicht, um hier entſäuert zu werden. Von hier wird ſie in einem zweiten großen Faß angeſammelt und alsdann in Deſtillations-Apparaten zur Wiedergewinnung des Spiritus deſtillirt. Ueber $^1/_4$ des angewendeten Spiritus wird hier wiedergewonnen.

Doch wir wollen nun zu der eigentlichen Herſtellung des Knallqueckſilbers zurückkehren. In den großen Ballons iſt alſo die nöthige Menge Spiritus und in den Glasflaſchen das aufgelöſte ſalpeterſaure Queckſilber. Nunmehr muß letzteres zu dem Spiritus gegoſſen werden.

Zu dieſem Zwecke gießt man durch einen Thontrichter, deſſen Dille möglichſt lang und eng iſt, die ſalpeterſaure Queckſilberlöſung ſo in den Ballon, daß der Flüſſigkeitsſtrahl möglichſt die Mitte des Spiritus trifft. Dieſe Vorſicht iſt nöthig, um ein ſonſt in Folge ungleicher Erwärmung leicht ſtattfindendes, ſehr unangenehmes Springen des Ballons zu vermeiden.

Hat man die Queckſilberlöſung eingegoſſen, wird ſofort die Verbindung des Ballons mit der Kühlflaſche hergeſtellt und mit Thon verkittet. Alsbald beginnt die Reaction. Eine große Menge Dämpfe entwickelt ſich, welche den ganzen Ballon und die Condenſations-Gefäße anfüllen und ſehr dicht, flüſſigkeitsähnlich ſind.

Iſt die Reaction einmal im Gange, ſo braucht man ſich um ſie nicht weiter zu kümmern. Dieſelbe geht ungeſtört und ruhig zu Ende.

Die großen Ballons mit dem in ihnen nunmehr enthaltenen Knallqueckſilber müſſen zunächſt erkalten. Unter der

Digitized by Google

Flüssigkeit hat sich das Knallquecksilber auf dem Boden der Ballons in kleinen, schwach grau gefärbten Nadeln abgeschieden.

Die über dem Knallquecksilber stehende Säureflüssigkeit wird nach dem Erkalten abgezogen und an chemische Fabriken verkauft oder durch Abdampfen Oxalsäure daraus gewonnen, welche in die Färbereien geht.

Das auf dem Boden der Ballons zurückbleibende Knallquecksilber muß nunmehr auf das sorgfältigste durch Auswaschen mit Wasser entsäuert und gereinigt werden.

Das gereinigte Knallquecksilber wird unter Wasser und in verschlossenen hölzernen oder steinernen Gefäßen aufbewahrt. In diesem feuchten Zustande ist es vollkommen gefahrlos.

Eigenschaften des Knallquecksilbers. Das Knallquecksilber besitzt eine graue Farbe, ist in kaltem Wasser fast unlöslich und wie alle Quecksilber-Verbindungen giftig.

Charakteristisch für das Knallquecksilber ist seine außerordentlich große Explosionsfähigkeit. Es explodirt durch mäßigen Schlag, sowie durch Reibung, mit harten Körpern unter röthlicher Lichterscheinung. Die Explosionsgase sind Stickstoff, Kohlenoxyd und Quecksilberdampf.

Bei Berührung mit einem brennenden Körper verpufft das Knallquecksilber nur mit mäßigem Knalle. Durch den Inductionsfunken, sowie beim Erhitzen auf 187 Grad (nach Anderen auf 149 Grad und wieder nach Anderen auf 200 Grad) wird es zur Explosion gebracht.

Feuchtes Knallquecksilber explodirt schwach, sehr feuchtes gar nicht mehr. Bei einem Wassergehalt von 5 bis 30 Percent explodiren nur die von einem starken Schlage direct getroffenen Theilchen.

Trockenes Knallquecksilber explodirt stets durch Schlag von Eisen auf Eisen, weniger leicht zwischen Eisen und Kupfer, schwierig zwischen Marmorplatten, kaum zwischen

Digitized by Google

Eisen und Blei, gar nicht durch einen Schlag von Holz auf Holz. Je größer die Knallquecksilber-Krystalle sind, desto leichter sollen sie explodiren.

Die Eigenschaft des Knallquecksilbers, durch Stoß zu explodiren, benützen wir in der Anwendung desselben zur Füllung der Zündhütchen. Wohl nie jedoch wird das Knallquecksilber unvermischt gebraucht, weil seine Wirkung eine zu schnelle und die Metalle zu sehr angreifende ist. Deshalb wird es mit anderen brennbaren Körpern, wie Schießpulver, Salpeter und Schwefel gemengt.

Diese Zusätze sollen dazu dienen, den Zersetzungsproceß zu verlangsamen und das Volumen der entwickelten Gase zu vermehren. So wird eine längere Stichflamme erzielt, welche tiefer in die Zwischenräume des zu entzündenden Pulvers eindringt und die Entzündung der Ladung sicherer und vollständiger herbeiführt.*)

Eine solche aus Knallquecksilber und geeigneten anderen brennbaren Zusätzen bestehende Mischung wird Zündmasse oder auch Zündsatz genannt.

Statt dieser zur Füllung der Zündhütchen benützten Knallquecksilber-Zündmasse giebt es auch Zündsätze von anderer chemischer Zusammensetzung, wie z. B. der Zündspiegelsatz, welcher aus chlorsaurem Kali, Schwefelantimon, Schwefel und Gummiwasser besteht, oder wie jene langsam abbrennenden Pulvermischungen, die in der Artillerie-Technik zu Zeitzündern benutzt werden.

Wir wollen der Reihe nach zuerst im Anschluß an das Knallquecksilber die Bereitung der Knallquecksilber-Zündmasse für Zündhütchen, sodann die Bereitung des Zündspiegelsatzes

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer, Abth. II, S. 86.

Digitized by Google

und der Pulvermischungen für Zeitzünder kurz besprechen. Die beiden letztgenannten Zündsätze schließen sich zwar streng genommen nicht an das Knallquecksilber an, jedoch ist hier der beste Ort, sie abzuhandeln.

Bevor wir zu diesen Zündsätzen übergehen, sei noch erwähnt, daß man auf ähnliche Weise wie Knallquecksilber auch Knallsilber und Knallgold durch Einwirkung von Spiritus auf Höllensteinlösung (salpetersaures Silberoxyd), respective von Ammoniak auf Goldchlorid erhalten kann. Bekannt ist die Anwendung des Knallsilbers zu Knallerbsen.

Nicht zu verwechseln mit diesem gewöhnlichen Knallsilber ist Berthollet's Knallsilber, welches erhalten wird, wenn man frisch gefälltes Silberoxyd 24 Stunden lang mit einem Ueberschuß von concentrirter Ammoniakflüssigkeit stehen läßt. Das gebildete schwarze Pulver explodirt schon durch den leisesten Druck (wie durch die Berührung mit einer Federfahne), wobei die Gefäße, in denen es enthalten ist, durch die Explosion zerschmettert werden. Wegen dieser leichten Explodirbarkeit ist es zu irgend einer Anwendung nicht geeignet.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Anhang: Die Herstellung der wichtigsten Zündsätze.

1. Die Knallquecksilber-Zündmasse zur Füllung der Zündhütchen.*) Die Zusätze zum Knall-

*) Ueber die Fabrikation der Zündhütchen vergleiche: „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" bearbeitet von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Abthl. II, S. 88, sowie „Ueber die Fortschritte der Zündmittel für Feuerwaffen, mit besonderer Berücksichtigung der Fabrikation der Zündhütchen" von H. Josten in Barmen, Dingler's „Polytechn. Journ." Band 228, S. 518.

Digitized by Google

queckſilber ſind entweder Kaliſalpeter allein oder eine Miſchung von Salpeter und Schwefel oder am häufigſten Mehlpulver.

Die beſten Miſchungs-Verhältniſſe ſind 100 Theile Knallqueckſilber und 50 Theile Kaliſalpeter, ferner 100 Theile Knallqueckſilber und 60 Theile Mehlpulver und endlich folgende Verhältniſſe für die Miſchung von Knallqueckſilber mit Salpeter und Schwefel.

Knallqueckſilber	100	109	100
Salpeter	62·5	117	45.5
Schwefel	29	23	14·5

Das Mengen der Materialien geſchieht in feuchtem Zuſtande. Es werden beiſpielsweiſe Salpeter und Schwefel mit Waſſer auf einer polirten Marmortafel mit Walzen aus hartem Buchsbaumholz zu einem Brei angerührt und dann allmälich das feuchte Knallqueckſilber hinzu gemiſcht.

Dem Miſchen der Zündmaſſe ſchließt ſich das Körnen und Trocknen an. Die drei genannten Operationen werden in verſchiedenen, ſtreng von einander getrennten Räumen vorgenommen. Der Fußboden iſt mit Teppichen belegt, die Wände beſtehen aus leichtem Holzwerk, alle Arbeitstiſche ſind mit wollenen Decken, unter denen noch Wachsleinwand liegt, bedeckt. Alle Geräthſchaften ſind höchſt ſauber und rein. Die Trockenhäuſer werden nur mit über die gewöhnliche Fußbekleidung gezogenen Filzſchuhen betreten und werden nur mit Heißwaſſer- oder Dampfheizung geheizt. Die Wärme darf in den Trockenräumen nicht über 38 Grad C. ſteigen und wird deshalb die Temperatur in denſelben ängſtlich mit feinen Thermometern geprüft.

Nach dieſen allgemeinen Bemerkungen über die innere Ausſtattung der Arbeitsräume haben wir zunächſt kurz die Operation des Körnens zu beſprechen.

Digitized by Google

Der zum Körnen bestimmte Satz darf nicht zu feucht und nicht zu trocken sein. Wegen der großen Gefährlichkeit der Operation werden immer nur kleine Mengen in Arbeit genommen. Zum Körnen dienen Haarsiebe, welche unten durch eine Bleiplatte abgeschlossen sind. Durch diese Haarsiebe wird die Zündmasse gepreßt. Nach jeder Operation wird das Haarsieb durch verdünnte Schwefelsäure gezogen.

Die gekörnte Masse kommt in mit Stanniol ausgekleidete und mit Bleideckel versehene Büchsen, in welchen sie geschüttelt wird. Es soll durch diese Manipulation den Körnern ein fester Zusammenhang verliehen werden.

Es folgt nunmehr die Operation des Trocknens. In den Trockenhäusern stehen Holzgestelle, auf welche die Rahmen mit der Zündmasse gelegt werden. Diese Rahmen sind aus leichtem Holz und in der Mitte mit Flechtwerk aus gutem Bindfaden versehen. Auf dieses Flechtwerk kommt zuerst glattes Papier und auf dieses wird Wachsleinen lose aufgelegt. Auf letzteres endlich breitet man die feuchte Zündmasse in gleichmäßigen, dünnen Lagen aus. Die Rahmen sind da, wo sie aufliegen, mit Gummi gepolstert. Das Glas der Fenster ist mit weißer Oelfarbe betupft, um die Sonnenstrahlen abzuhalten.

Die getrocknete Masse wird lose und vorsichtig durch ein Haarsieb gerüttelt und dann, wenn sie nicht gleich verwendet wird, in Flaschen aus Guttapercha mit losem, leicht abzunehmendem Deckel im Magazin aufbewahrt.

An das Trocknen der Zündmasse schließt sich das Laden der Zündhütchen. In eine Form wird eine bestimmte Anzahl Zündhütchen (die Oeffnung des Hütchens nach oben) gefüllt. Es ist dies eine von Mädchen zu besorgende Operation, welche einen hohen Grad von Geschicklichkeit verlangt.

Digitized by Google

Die gefüllte Form wird auf einen Schieber gestellt und unter die Lademaschine geschoben. Vor derselben befindet sich ein schmiedeeiserner Mantel als Schutz gegen etwaige Explosion. Zum schließlichen Festpressen der Zündmasse und des Deckblättchens in den Hütchen dient eine Kniehebelpresse.

Während die Bereitung des Knallquecksilbers und insbesondere die Fabrikation der Zündhütchen eine äußerst gefahrvolle ist, lassen sich die fertigen Zündhütchen gefahrlos handhaben und transportiren. Man hat eine Kiste mit 50.000 Zündhütchen in einem Schmelzofen verbrannt, ohne daß eine Explosion eintrat. Selbst wenn auch einige Zündhütchen durch starken Stoß einmal explodiren, so theilt sich die Explosion den anderen nicht mit.

2. Die Zündspiegelsätze.*) Von den zahlreichen Vorschriften seien hier einige wichtigere erwähnt.

Eine Mischung von 5 Theilen chlorsaurem Kali und 4 Theilen Schwefelantimon hat man**) als »Universal-Zündsatz« empfohlen. In diesem Satz wollte man auch einen vollkommenen Ersatz für das Knallquecksilber gefunden haben. Derselbe kann zu allen leicht explodirenden Zündungen, wie Zündhütchen, Spiegeln, Zündschrauben, zu Explosionspatronen und zu Frictionsschlagröhren verwendet werden. Dieser Satz muß sorgfältigst vor Feuchtigkeit geschützt werden.

Der in Preußen für die Zündspiegel der Zündnadelgewehre üblich gewesene Zündpillensatz soll aus 4 Theilen

*) Vergleiche „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Abth. II, S. 104; ferner Vorschriften zur Bereitung von Zündspiegelmassen in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 123, S. 101; Band 171, S. 232; Wagner's Jahresber. 1864, S. 233.

**) Darapsky in Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 172 S. 274 und Band 175, S. 357.

Digitized by Google

chlorsaurem Kali, 2 Theilen Schwefelantimon und 1 Theil Schwefel, welche mit Gummiwasser angerührt wurden, bestanden haben. Nach einer anderen Angabe wurden 5 Theile fein zerriebenes chlorsaures Kali mit Wasser angefeuchtet und alsdann mit 4 Theilen Schwefelantimon gemengt und schließlich noch wenig Schwefel zugesetzt. Der gemischten Masse wurde noch $^1/_2$ Theil Gummi arabicum oder besser 1 Theil dünner Kleister hinzugefügt. Das Gemenge wurde hierauf auf hier nicht näher zu besprechende Weise in die Zündspiegel eingebracht.

Gegenwärtig besteht der Zündsatz für das deutsche Mausergewehr aus 4 Theilen Knallquecksilber, $2^1/_2$ Theilen chlorsaurem Kali, $1^1/_2$ Theilen Schwefelantimon und 2 Theilen pulverisirtem Glas.

Des großen Interesses halber, welches dieser Gegenstand bietet, sei hier in Kürze die zum deutschen Reichsgewehr (Modell 1871; vulgo »Mausergewehr«) gehörige Einheits-Metallpatrone beschrieben.

Dieselbe besteht aus dem Geschoß mit der Papierumwicklung und der Fettung, der Pulverladung, dem Wachspfropfen zwischen zwei Cartonplättchen und der Patronenhülse mit der eingesetzten Zündkapsel.

Das Geschoß wird, soweit es aus der Metallhülse ragt, mit einer Fettschichte umgeben, welche aus Hammeltalg und weißem Wachs zusammengesetzt ist. Die Pulverladung beträgt 5 Gramm Gewehrpulver, Muster 1871. Die Dosirung (Zusammensetzung) desselben ist nicht genau bekannt.

Pulverladung und Geschoß trennt ein zwischen zwei Cartonplättchen befindlicher Wachspfropfen, welcher die Reinigung des Laufes bezwecken und das Vorströmen der Gase über das Geschoß verhindern soll.

Digitized by Google

In der Mitte des Hülſenbodens iſt eine cylindriſche Vertiefung — Zündglocke — zur Aufnahme der Zündkapſel gepreßt mit einer kegelförmigen Erhebung und zwei Zündlöchern im Grunde. Die Zündkapſel enthält in einer halbkugelförmigen Erhöhung — Satzbombe — den Zündſatz, welcher aus 4 Theilen Knallqueckſilber, 2·5 Theilen chlorſaurem Kali, $1^1/_2$ Theilen Schwefelantimon und 2 Theilen pulveriſirtem Glas beſteht und zum beſſeren Schutze mit einer Zinnfolie bedeckt iſt.

Gemäß dieſer Einrichtung muß behufs Entzündung der Patrone der Schlagbolzen den Zündkapſelboden nahezu im Mittelpunkte treffen. Die Satzbombe wird durch den hervorſchnellenden Schlagbolzen zuſammengepreßt, gelangt dadurch zur Exploſion und entzündet das Pulver, indem der Zündſtrahl durch die Löcher in der Zündglocke zur Pulverladung gelangt.

3. Die Zündmaſſe der Zeitzünder.*) In dieſem Falle iſt natürlich die Herſtellung eines Satzes von ganz genau bekannter Brenndauer erforderlich. Dieſer Zündſatz beſteht in der Regel aus grauem Satz und einer nach der verlangten Brennzeit wechſelnden Menge Mehlpulver. (Zur Bereitung des »grauen Satzes« mengt man 23·36 Theile Schwefel mit 70·10 Theilen Salpeter und miſcht den ſo erhaltenen »Salpeterſchwefel« mit 6·54 Theilen Mehlpulver.) Den Einfluß des Zuſatzes des Mehlpulvers zum grauen Satz auf die Brenndauer des Zünderſatzes kann man aus folgender Tabelle**) erſehen:

*) Die Beſchreibung der verſchiedenen Zünderarten ſiehe in „Der Entwicklungsgang und die darauf gegründete Syſtematik des Zünderweſens“ von W. Ritter von Breithaupt.

**) „Das Schießpulver, die Exploſivkörper und die Feuerwerkerei“ von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Abth. II, S. 111.

Digitized by Google

Grauer Satz	Mehlpulver	Brennzeit von 2·6 Cm. in Secunden
100	0	42·62
90	10	22·91
80	20	7·21
70	30	4·54
65	35	3·65
60	40	3·42
55	45	3·18
50	50	2·97
45	55	2·83
40	60	2·76
35	65	2·75
30	70	2·72
20	80	2·50
10	90	2·32
0	100	2·29

Der Zündersatz für schwere Geschosse (für Bombenkanonen, 25- und 50-pfündige Mörser) besteht aus 70 Theilen grauem Satz und 30 Theilen Mehlpulver, der für 7- und 10-pfündige Mörser aus 75 Theilen und 25 Theilen, der Zündersatz von Spiegel- und Handmörser-Granaten aus 80 Theilen grauem Satz und 20 Theilen Mehlpulver.

Bei den neuesten preußischen Shrapnells*) wird die Zündung nicht mehr durch die abbrennende Geschützladung, sondern mittelst einer durch Stoß explodirenden Zündpille bewirkt.

*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 201, S. 95.

Digitized by Google

Zweiter Theil.

Die praktischen Anwendungen der explosiven Stoffe.

I.

Die Verpackung, Aufbewahrung und der Transport der explosiven Stoffe.

Bevor wir uns zu der Anwendung der Explosivstoffe in der Sprengtechnik wenden, sei ein Blick geworfen auf die verschiedenen Manipulationen und Behandlungsweisen, denen die explosiven Stoffe nach vollendeter Fabrikation bis zu ihrem Gebrauche unterworfen sind. Bei der großen Gefahr, welche das Lagern und der Transport eines Explosivstoffes für die nächste Umgebung bei Außerachtlassung auch nur der scheinbar geringfügigsten Vorsichtsmaßregeln in sich birgt, ist die Verpackung, Aufbewahrung und der Transport dieser gefährlichen Körper meist von genau detaillirten gesetzlichen Bestimmungen abhängig.

Wir werden zuerst die für einzelne explosive Stoffe geltenden Bestimmungen, sodann die von einzelnen Staaten für sämmtliche Explosivkörper erlassenen allgemeinen Vorschriften besprechen. Bei den einzelnen Explosivstoffen sind hauptsächlich nur das gemeine Schwarzpulver, die Schieß-

Digitized by Google

wolle und die Nitroglycerin-Präparate hier zu erwähnen; für alle anderen explosiven Stoffe gelten lediglich die allgemeinen über diese Körperclasse in den einzelnen Staaten bestehenden Bestimmungen.

1. Das Schwarzpulver. Das gekörnte Pulver wird behufs seiner Verpackung meist zuerst in Säcke geschüttet und diese werden in die Pulvertonnen eingesetzt. Zu den Tonnenreifen verwendet man geschälte weidene Reifen, welche aus im Winter geschnittenen Stöcken hergestellt sind (letztere besitzen eine größere Dauer als die im Sommer geschnittenen). Die Pulvertonnen werden mit hölzernen Hämmern zugeschlagen. Diejenigen Tonnen, welche Gewehrpulver enthalten, werden in preußischen Staatsfabriken auf dem Boden der Tonne mit einer gelben Etiquette, diejenigen, welche Geschützpulver enthalten, mit einer rothen Etiquette versehen. Auf der Etiquette wird das kubische Gewicht, Jahr und Ort der Fabrikation und Nummer der Lieferung bemerkt und außerdem noch der Stempel der Pulverprobirungs-Commission aufgedrückt.*)

Prismatisches Pulver wird direct in die Tonnen verpackt, jedoch werden in letztere Filzplatten eingelegt, um eine Bewegung des Pulvers und in Folge dessen ein Abstoßen der Prismenkanten zu verhüten.

Das für die Marine bestimmte Pulver kommt in kupferne, dicht verschließbare Kisten.

Die Pulvermagazine werden am besten aus Holz gebaut. Bei heiterem und trockenem Wetter müssen die Räume, in welchen Pulver lagert, wiederholt des Tags über gelüftet werden. Auch kann man zweckmäßig wasseraufsaugende

*) „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Abtheil. II, S. 112.

Digitized by Google

Körper, wie gebrannten Kalk, zur Wegnahme von Feuchtigkeit in Töpfen in dem Magazin aufstellen. Wo irgend es vermieden werden kann, wird ein Pulvermagazin mit Licht nicht betreten werden. Für die Fälle, wo dies doch nothwendig ist, hat man besonders construirte Laternen. Das Betreten des Magazins sollte nur in Filzschuhen erfolgen. In Frankreich muß jedes Pulvermagazin wenigstens 100 M. von der nächsten Telegraphenlinie entfernt sein.

Was den Pulvertransport betrifft, so ist der Transport zu Wasser als der gefahrloseste entschieden zu bezeichnen. Für den Transport zu Wasser sind namentlich die Bestimmungen anzuführen, daß alle dem Transporte begegnenden Kähne das etwa unterhaltene Feuer auslöschen müssen, sowie daß sämmtliche Dampfschiffe nur über dem Winde, das heißt an der Seite, woher der Wind kommt, passirt werden dürfen. Durch beide Bestimmungen soll verhütet werden, daß Funken auf das Pulverschiff fliegen können.

Bei dem Transport zu Lande ist namentlich darauf zu achten, daß die Lage der Tonnen auf den Wagen eine derartige ist, daß keine Reibung stattfinden kann. Aus demselben Grunde vermeidet man auch wenn möglich gepflasterte Straßen. Die einzelnen Pulverwagen sollen 40 Schritt von einander Abstand haben, bei Eisenbahnübergängen müssen besondere Vorschriften befolgt werden u. s. w.

Besteht ein Kriegstransport aus reglementmäßigen Munitionswagen, so können letztere auch per Eisenbahn befördert werden.

In allen Fällen ist der Pulvertransport mit einem Zeltuch zu überdecken und durch ein schwarzes Fähnchen, auf welchem ein großes, weißes P sich befindet, zu kennzeichnen.

2. Die Schießbaumwolle. Die fertige, aber noch nicht zu Munition verarbeitete Schießwolle wird locker in

Digitized by Google

mit Papier ausgekleideten Kisten verpackt. Die fertige Munition wird in leichten Kisten lose, zwischen Sägespänen aufbewahrt. Früher war man bei dem Transport der Schießwolle überaus ängstlich, gegenwärtig weiß man, daß dieselbe nicht gefahrvoller als Schießpulver zu handhaben und transportiren ist, und gelten deshalb für ihren Transport die bei dem Schießpulver bestehenden Bestimmungen.

Ist demnach auch der Transport der Schießwolle nicht besonders gefährlich, so ist er dafür aber — und namentlich gilt dies für die nasse comprimirte Schießwolle — äußerst unbequem und bietet viele Unzukömmlichkeiten.

3. Nitroglycerin und die Nitroglycerin-Präparate. Das reine Sprengöl wird am gefahrlosesten jedenfalls nach Mowbray's Methode, das heißt in gefrorenem Zustande transportirt. A. Nobel & Comp. versandten das Sprengöl früher, als das Dynamit noch nicht erfunden war, in Glasflaschen mit $^1/_4$ bis $^1/_8$ Ctr. Inhalt in Stroh oder Sägespäne in Körben oder Kisten verpackt.

Diese Verpackungsart hatte jedoch den Uebelstand, daß oft die Glasflaschen zerbrachen, wobei das Sprengöl sich mit dem Sägemehl unter Erwärmung mischte, so daß also die Gefahr einer Explosion sehr nahe gerückt war. Es wurde deshalb das Nitroglycerin in Weißblechflaschen, die nur zu $^4/_5$ mit dem Oel gefüllt waren, verschickt. Die Flaschen waren in Kisten zwischen Kieselguhr verpackt. Als einmal der Inhalt einer solchen Weißblechflasche in die Infusorienerde ausgelaufen war, gab dies — wie schon bei der Geschichte des Dynamits erwähnt wurde — Nobel die Veranlassung zur Erfindung des Dynamits.

Nobel versendete das Sprengöl auch in Flaschen, welche oben mit einer Metallplatte geschlossen wurden. Letztere bestand aus einer schon bei 100 Grad schmelzenden Metall-

Digitized by Google

legirung, so daß das Nitroglycerin bei entstehender Feuersbrunst nie bis zu seiner Explosions-Temperatur erhitzt werden konnte.

Späterhin machte bekanntlich Nobel das Sprengöl durch Auflösen in Holzgeist (Methylalkohol) unexplodirbar und brachte von da ab stets nur noch »methylisirtes Nitroglycerin« zur Versendung.

In England ist der Gebrauch von reinem Nitroglycerin durch Parlamentsacte verboten und sind unter den Explosives-Act von 1869 nur folgende Nitroglycerin-Präparate zum Gebrauch zugelassen:

1.	Dynamit 1	mit ungefähr	75	Percent
2.	» 2	» »	18	»
3.	Horsley's Pulver A .	» »	25	»
4.	» » B .	» »	25	»
5.	Brain's Pulver . . .	» »	40	»
6.	Lithofracteur	» »	55	»

flüssigem Nitroglycerin.

Für die Aufbewahrung der Nitroglycerin-Präparate im Allgemeinen gelten dieselben Vorsichtsmaßregeln wie für Pulver. Die Zündhütchen sind stets getrennt von dem Sprengstoff aufzubewahren. Die Magazine müssen mindestens 200 bis 300 Schritt von bewohnten Gebäuden entfernt sein. Man umgiebt die Magazine zweckmäßig noch mit einem 1 Meter hohen Walle aus Sand oder Erde.

Die Nitroglycerin-Präparate sind mindestens ebenso gefahrlos zu transportiren als Schießpulver. Doch hat man deshalb die größte Vorsicht nicht außer Acht zu lassen. Namentlich ist Erhitzung und Schlag oder Stoß beim Transport zu vermeiden.

Das k. k. österreichische technische und administrative Militär-Comité ertheilte über die Ungefährlichkeit des Nobel'schen Dynamits nachstehendes Certificat:

Digitized by Google

»Von Seite des k. k. technischen und administrativen Militär-Comités, welches seit vier Jahren die großartigsten Versuche mit dem Sprengmittel, »Dynamit« genannt, vorgenommen und Erfahrungen über Deponirung und Transport desselben zu Wasser, per Achse, Eisenbahn und zur See nach Dalmatien gesammelt hat, wird hiermit bestätigt, daß der Transport des genannten Sprengmittels unter den gewöhnlichen Verhältnissen (Temperatur bis zu 60 Grad C.) ganz ungefährlich ist, daß dasselbe starke mechanische Erschütterungen (Schläge, Stöße 2c.), ohne zu explodiren, verträgt, selbst angezündet abflammt, ohne zu detoniren, und nur durch starke Kapseln zur Explosion gebracht werden kann.

Wien, Januar 1872. D. Beck, k. k. Oberst.«

Die Ungefährlichkeit des Dynamit-Transportes auf Eisenbahnen zeigt deutlich folgende Tabelle, *) welche die von den Jahren 1869 bis 1878 auf den österreichischen Bahnen beförderten Dynamitmengen angiebt. Diese ganze gewaltige Menge wurde ohne einen einzigen Unfall transportirt.

Jahr	Kilogramm					Transport-Quantum Kilometer Tonnen
	Dynamit 1	Dynamit 2	Dynamit 3	Dynamit 4	Zusammen	
1869	13.035	—	—	—	13.035	2.600
1870	69.515	—	—	—	69.515	15.380
1871	171.925	9.395	—	—	181.320	41.720
1872	197.370	39.155	7.825	—	244.350	62.580
1873	169.610	72.480	73.525	—	315.615	124.540
1874	104.155	87.575	57.915	28.400	277.325	94.870†
1875	121.145	142.520	115.475	41.095	420.235	118.540
1876	145.355	98.060	74.235	37.820	355.470	120.850
1877	165.525	109.305	56.785	33.950	365.565	109.670
1878	173.670	77.090	63.300	20.735	334.795	133.250
Zusammen	1,331.305	635.580	448.340	16.200	2,577.225	824.000

*) Briefliche Mittheilung von Julius Mahler in Wien.

†) Zu diesem Transport-Quantum kommen noch circa 26.500 Kilometer Tonnen für Seetransport.

Digitized by Google

Ueber die Packung, Aufbewahrung und den Transport des Dynamits sind in Oesterreich laut Ministerial-Verordnung vom 2. Juli 1877 folgende Vorschriften *) giltig:

Die Packungsgefäße sollen keine Metallbestandtheile enthalten und nicht mehr als 25 Kilogr. fassen. Die einzelnen Patronen sind in Pergamenthüllen zu laboriren, eventuell in Packete von 2·5 Kilogr. zu vereinigen. Die Packungsgefäße müssen an der Außenseite die Bezeichnung des Präparates und der Sorte, sowie die Firma des Erzeugers (Schutzmarke), das Datum der Erzeugung, den Abdruck der Transport-Bewilligung und eine Belehrung über das Oeffnen des Gefäßes enthalten.

Ueberdies muß das Gefäß mit einer plombirten Schnur umschlungen sein.

Zum Transport sind nur Originalpackungen gestattet, und Sendungen, welche nicht vom Erzeuger oder concessionirten Verschleißer aufgegeben werden, bedürfen eines von der politischen Behörde vidirten Frachtbriefes als Geleitschein.

Landfuhrwerk soll nur bis zu 80 Percent seiner Tragfähigkeit mit Sprengmitteln belastet werden; die einzelnen Colli sind fest zu lagern, gegen Reibung zu sichern und mit wasserdichten Plachen die ganze Ladung zu überdecken. Kutscher und Begleiter dürfen nicht rauchen, der Wagen ist durch eine schwarze Flagge zu kennzeichnen.

Zum Transport auf Eisenbahnen sind nur jene Sprengstoffe zulässig, die hierzu die ministerielle Bewilligung besitzen. Zum Verschleiß ist die behördliche Bewilligung nöthig. Der Verschleißer darf größere Quantitäten nur in der Originalpackung der Fabrik abgeben und nur an bezugberechtigte

*) „Die Sprengtechnik" von Julius Mahler. 8., durch die neuesten Erfahrungen vermehrte Auflage. Wien 1878.

Digitized by Google

Personen, z. B. Bauunternehmer, Steinbruchs- und Bergwerks-Besitzer ꝛc. verkaufen; andere Personen bedürfen der behördlichen Bezugsbewilligung.

Sprengstoffmengen von mehr als 3 Kilogr. im Gewicht dürfen nicht in Wohnräumen aufbewahrt werden.

Verschleiß-Magazine bis zu 100 Kilogr. Fassungsraum müssen von bewohnten Gebäuden, Eisenbahnen und Straßen 100 Meter entfernt liegen; bis 500 Kilogr. Raum 500 Meter, von 1000 bis 10.000 Kilogr. Raum 1000 Meter.

Verbrauchs-Magazine von Unternehmern und Werksbesitzern sollen folgende Entfernungen von fremden bewohnten Gebäuden, dann Bahnen und Straßen innehalten:

Bei einem Fassungsraum	bis	zu	50	Kilogr.	50	Meter,
»	»	»	»	»	100	»	100	»
»	»	»	»	»	1000	»	500	»
»	»	»	»	»	10.000	»	1000	»

Die Verbrauchs-Magazine sollen gegen Sprengobjecte gedeckt liegen und sind Erleichterungen, betreffend die Distanzen, die oben angeführt wurden, nur von der politischen Landesstelle zu bewilligen. Magazine bis 100 Kilogr. Inhalt können aus Bretterverschlägen bestehen, sollen aber 1 Meter hoch mit Sand oder Erde bedeckt werden. Größere Magazine sollen von einem 0·5 bis 1 Meter von der Magazinswand abstehenden, an der Krone 0·5 bis 1 Meter starken und mit dem Dachfirste des Magazins gleich hohen Erdwall umgeben sein, oder in einer entsprechenden Bodenvertiefung liegen. Der Fußboden soll Lehmstrich sein und mit Zwillichplachen belegt wurden.

Die Vorräthe sollen nie dem directen Sonnenlichte ausgesetzt sein und die Temperatur im Magazin darf nicht über 35 Grad C. (28 Grad R., 95 Grad F.) steigen; ein Thermometer soll in jedem Magazin hängen. Zündhütchen

Digitized by Google

dürfen nie im Dynamit-Magazin aufbewahrt werden. Schwarzpulver darf mit Dynamit nur über behördliche Bewilligung vereint bewahrt werden, ist aber auch dann durch eine Holzwand davon zu trennen. Die Kisten sind auf Kanthölzer zu lagern und muß die Luft durch die einzelnen Schichten durchstreichen können. Die Kisten sollen nur gehoben, nie gestürzt oder geschoben werden. Das Oeffnen der Verpackungs-Gefäße hat außerhalb des Magazins zu geschehen. Feuergefährliche Gegenstände und Zündmittel dürfen nie in das Magazin gebracht werden. Ordnung und Reinlichkeit sollen in jedem Magazin herrschen.

Wurde Dynamit aus den Patronen herausgestreut und hierbei durch Sand, Erde oder dergleichen verunreinigt, so ist es abseits zu vernichten, indem man es durch eine mit dem Kapsel versehene Zündschnur zur Explosion bringt.

Von den übrigen Nitroglycerin-Präparaten sei hier noch der Lithofracteur, respective seine Verpackung *) erwähnt.

Der Lithofracteur ist in Form von Patronen in dünnem, wasserdichtem Papier verpackt, dieselben sind ungefähr 1 Zoll im Durchmesser und beziehungsweise $^1/_2$, 1, $1^1/_2$ und 2 Loth schwer. Diese verschiedenen Sorten sind in starken Pappdeckelschachteln, worin sich 5 Pfund befinden, verpackt und ist die Schachtel nochmals mit einem schwarzen Papier-Umschlag umgeben. Zehn solcher Schachteln sind in einer starken hölzernen Kiste verpackt, der Deckel mit Zinknägel zugenagelt und enthält jede Kiste auf diese Weise 50 Pfund.

Ueber den Gebrauch der Nitroglycerin-Präparate hat das k. Oberbergamt zu Breslau **) vor einiger Zeit eine Verordnung erlassen, der wir Folgendes entnehmen:

---

*) Nach Mittheilungen von Gebr. Krebs & Comp. in Cöln.

**) Wagner's Jahresbericht 1873, S. 334.

Digitized by Google

Die Verwendung von reinem Nitroglycerin ist verboten. Die Aufbewahrungsräume der Nitroglycerin-Präparate über Tage müssen 150 Meter von bewohnten Räumen, die unter Tage 50 Meter von den nächsten Fahr- oder Förderstrecken und Schächten entfernt sein.

Um das Gefrieren der Patronen zu vermeiden, sind dieselben von den Arbeitern unter der Kleidung dicht am Körper zu tragen. Nitroglycerin-Präparate, welche sich zersetzen (was sich durch stechenden Geruch oder Entwickelung rothbrauner Dämpfe kundgiebt), sind zur Sprengarbeit nicht zu verwenden. Dieselben müssen vielmehr im offenen Feuer unter Aufsicht eines Grubenbeamten oder Aufsehers verbrannt werden.

Die Zündhütchen dürfen mit Nitroglycerin-Präparaten nicht in demselben Raum aufbewahrt werden. Beim Transport dürfen letztere nur in verschlossenen, mit lockeren Massen (Sägespänen, Heu, Stroh) ausgefütterten Holzkästen sich befinden.

Gefäße, welche zur Aufbewahrung von Nitroglycerin-Präparaten gedient haben, müssen sofort nach ihrer Entleerung im offenen Feuer unter Aufsicht verbrannt werden.

In Deutschland mußten in letzter Zeit die Eisenbahnverwaltungen vielfach die Wahrnehmung machen, daß die Bestimmungen des Betriebs-Reglements, wodurch explosive Stoffe von dem Bahntransport gänzlich ausgeschlossen werden, durch falsche Declaration oft umgangen werden. Die Eisenbahn-Verwaltungen haben daher in Erwägung gezogen, in welchem Maße dem in dieser Richtung bestehenden Bedürfniß des Verkehrs entsprochen und so gleichzeitig der aus dem heimlichen Versandt entspringenden größeren Gefahr begegnet werden könne.

Die bezüglichen Anträge*) der Bundesraths-Ausschüsse

*) „Chemiker-Zeitung", Jahrg. 3, S. 395.

Digitized by Google

für Handel, Verkehr, Eisenbahn und Post sind nunmehr an den Bundesrath gelangt. Es sollen demnach unbedingt von der Beförderung auf Eisenbahnen ausgeschlossen sein: reines Nitroglycerin, abtropfbare Gemische von solchen, Gemische von Nitroglycerin mit an sich explosiven Stoffen, Dynamit mit loser Masse, chlorsaure oder pikrinsaure Salze enthaltende explosive Gemische, Knallquecksilber, Knallsilber und Präparate aus solchem.

Bedingungsweise (unter besonderen Cautelen bezüglich Verpackung, Verladung, Lagerung, Begleitpersonal u. s. w.) sind dagegen zur Beförderung zugelassen: Pulvermunition, Feuerwerkskörper, sprengkräftige Zündungen, Dynamitpatronen, Nitrocellulose (Schießbaumwolle 2c.).

Durch Vereinigung der württembergischen, badischen, elsaß-lothringischen und schweizerischen Eisenbahn-Verwaltungen vom 29. Mai 1879 wurden folgende Bestimmungen*) getroffen: »Von der Beförderung sind ausgeschlossen alle der Selbstentzündung oder Explosion unterworfenen Gegenstände, wie Schießpulver, Schießbaumwolle, Collodiumwolle, Zündschnüre, Knallsilber, Knallquecksilber, Knallgold, Feuerwerkskörper, Pyropapier (sogenanntes Düppler-Schanzenpapier), Nitroglycerin, pikrinsaure Salze, Dynamit und alle Präparate, in deren Mischung sich Phosphor in Substanz befindet.

Zündschnüre, wenn sie aus einem dünnen, dichten Schlauche bestehen, in dessen Innerm eine verhältnißmäßig geringe Menge Schießpulver enthalten ist, werden bedingungsweise zum Transport zugelassen.

Die neueste Verordnung über den Verkehr mit Sprengstoffen, welche gegenwärtig existirt, ist die für Deutschland vom Bundesrath entworfene. Dieselbe**) lautet:

*) „Chemiker-Zeitung", Jahrg. 3, S. 503.

**) „Chemiker-Zeitung", Jahrg. 3, S. 639.

Digitized by Google

Verkehr mit Sprengstoffen.

Die betreffenden, in seiner Sitzung vom 13. Juli 1879 beschlossenen Bestimmungen des deutschen Bundesraths lauten:

§. 1. Die explosiven Stoffe, auf welche sich die nachstehenden Bestimmungen beziehen, sind Schieß- und Sprengpulver; Nitroglycerin (Sprengöl) und Nitroglycerin enthaltende Präparate, insbesondere Dynamit (ein nicht abtropfbares Gemisch von Nitroglycerin mit pulverförmigen, an sich nicht explosiven Stoffen); Nitrocellulose, insbesondere Schießbaumwolle; explosive Gemische, welche chlor- und pikrinsaure Salze enthalten; Knallquecksilber, Knallsilber und die damit dargestellten Präparate. Unter den explosiven Stoffen im Sinne dieser Verordnung sind außerdem einbegriffen: Pulvermunition, Feuerwerkskörper und Zündungen, mit Ausnahme der in der Armee und Marine vorgeschriebenen, nicht sprengkräftigen Zündungen. Letztere, sowie Zündhütchen, Zündspiegel und Metallpatronen unterliegen den Vorschriften dieser Verordnung nicht.

I. Transport explosiver Stoffe.

Allgemeine Bestimmungen.

§. 2. Von der Versendung sind ausgeschlossen: Nitroglycerin als solches, abtropfbare Gemische von Nitroglycerin, sowie Gemische von Nitroglycerin mit an sich explosiven Stoffen, als nitrirter Cellulose, Pulverlätzen ꝛc.; explosive Gemische, welche chlorsaure und pikrinsaure Salze enthalten; Knallquecksilber, Knallsilber und die damit dargestellten Präparate.

A. Versendung explosiver Stoffe auf Landwegen.

§. 3. Der Transport explosiver Stoffe auf Fuhrwerken, welche gleichzeitig zur Personenbeförderung dienen, ist verboten. Eine Ausnahme findet nur statt, wenn in sehr dringenden Fällen die zur Beseitigung von Eisstopfungen nöthigen Sprengbüchsen und das zur Füllung der letzteren erforderliche Pulver unter Begleitung zuverlässiger Personen in kürzester Frist nach dem Bestimmungsort geschafft werden sollen.

§. 4. Explosive Stoffe sind in hölzerne Kisten oder Tonnen, deren Fugen so gedichtet sind, daß ein Ausstreuen nicht stattfinden kann, und welche nicht mit eisernen Reifen oder Bändern versehen sind, fest zu verpacken. Pulver kann in metallene Behälter (ausgeschlossen solche von Eisen) verpackt werden. Vor der Verpackung in Tonnen oder Kisten muß loses Kornpulver in leinene, Mehlpulver in lederne Säcke geschüttet werden. Dynamit darf nur in Patronen, nicht auch in loser Masse versendet werden. Dynamitpatronen und Schießbaumwollpatronen (Patronen, welche aus gepreßter, gemahlener Schießbaumwolle bereitet und mit einem Ueberzug von Paraffin versehen sind) sind durch eine Umhüllung von Papier in Packete zu vereinigen. Dynamit- und Schießbaumwollpatronen, Schießbaumwolle, sowie andere Nitrocellulose dürfen weder mit Zündungen versehen, noch mit solchen in dieselben Behälter verpackt werden. Schießbaumwolle, sowie andere Nitrocellulose muß bis zu mindestens 20 Percent Wassergehalt angefeuchtet in wasserdichte Behälter besonders fest verpackt sein, so daß eine Reibung des Inhalts nicht stattfinden kann. Die zur Verpackung explosiver Stoffe dienenden Behälter müssen je nach ihrem Inhalte mit der Aufschrift: Pulver, Pulvermunition, Feuerwerkskörper, Zündungen, Dynamit, Schießbaumwolle versehen, Behälter, welche Dynamit enthalten, außerdem mit der Firma oder der Marke der Fabrik, aus welcher das Dynamit herrührt, bezeichnet sein. Das Bruttogewicht der Schießbaumwolle enthaltenden Behälter darf 85 Kilogr., das Bruttogewicht der Pulver, Pulvermunition, Feuerwerkskörper oder Zündungen enthaltenden Behälter 75 Kilogr., das Bruttogewicht der Dynamitpatronen enthaltenden Behälter 35 Kilogr. nicht übersteigen.

§. 5. Bei dem Verpacken und dem Verladen darf Feuer oder offenes Licht nicht gehalten, Tabak nicht geraucht werden. Das Verladen, insbesondere von Dynamit, hat unter sorgfältiger Vermeidung von Erschütterungen zu erfolgen. Die betreffenden Behälter dürfen deshalb nie gerollt oder abgeworfen werden. Soll das Verladen ausnahmsweise an einer anderen Stelle, als vor der Fabrik oder dem Lagerraume oder innerhalb derselben geschehen, so ist hierzu die Genehmigung der Polizeibehörde einzuholen und deren Weisungen nachzukommen.

§. 6. Die Behälter müssen auf dem Fuhrwerke so fest verpackt werden, daß sie gegen Scheuern, Rütteln, Stoßen, Umkanten und Herabfallen aus den oberen Lagen gesichert sind; insbesondere dürfen Tonnen nicht aufrecht gestellt werden, müssen vielmehr

Digitized by Google

gelegt und durch Holzunterlagen unter Haar- oder Strohdecken gegen jede rollende Bewegung gesichert werden.

§. 7. Explosive Stoffe dürfen nicht mit Zündhütchen, Zündpräparaten oder sonstigen leicht entzündlichen Gegenständen zusammen verladen werden. Es ist untersagt, Dynamit oder Schießbaumwolle mit Pulver, Pulvermunition, Feuerwerkskörpern oder Zündungen zusammen zu verladen.

§. 8. Wird loses Pulver in Mengen von nicht mehr als 15 Kilogr. Bruttogewicht, oder werden andere explosive Stoffe in Mengen von nicht mehr als 35 Kilogr. Bruttogewicht versendet, so finden auf dergleichen Transporte außer der Vorschrift des §. 3 nur die von der Verpackung und von der Bezeichnung der Behälter handelnden Vorschriften dieses Abschnittes Anwendung.

§. 9. Zur Beförderung von explosiven Stoffen dienende Fuhrwerke müssen, wenn sie unbedeckt sind, mit einem Plantuche überspannt werden. Sie müssen als Warnungszeichen eine von weitem erkennbare schwarze Fahne mit einem weißen P tragen. Zum Sperren der Räder dürfen nur hölzerne Radschuhe angewendet werden; bei Eisenbahnen ist eine eiserne Sperrvorrichtung (Krätzer) gestattet, welche aber ganz vom Radschuh bedeckt sein muß.

§. 10. Wer explosive Stoffe in Mengen von mehr als 35 Kilogr. Bruttogewicht versendet, muß der Ortspolizeibehörde des Absendeorts davon unter Angabe des Transportweges Anzeige machen und den Frachtschein derselben zur Visirung vorlegen.

§. 11. Auf Fuhrwerken, welche explosive Stoffe führen, darf Feuer oder offenes Licht nicht gehalten, Tabak nicht geraucht werden. Auch in der Nähe der Fuhrwerke ist das Anzünden von Feuer oder Licht, sowie das Tabakrauchen verboten.

§. 12. Fuhrwerke, welche explosive Stoffe führen, dürfen nur im Schritt fahren und dürfen von anderen Fuhrwerken, sowie von Reitern nur im Schritt passirt werden. Besteht ein Transport aus mehreren Fuhrwerken, so müssen dieselben während der Fahrt eine Entfernung von mindestens 50 M. unter einander einhalten.

§. 13. Fuhrwerke, welche explosive Stoffe führen, dürfen, während sie halten, niemals ohne Bewachung bleiben. Von Werkstätten, Wohnhäusern und öffentlichen Gebäuden muß die Haltestelle bei Schießpulver mindestens 150 M., bei Dynamit mindestens 400 M. entfernt liegen. Bei einem Aufenthalt von mehr als einer halben Stunde in der Nähe von Ortschaften ist überdies der Polizeibehörde rechtzeitige Anzeige zu machen, welche die ihr erforderlich erscheinenden Vorsichtsmaßregeln zu treffen hat.

§. 14. Fuhrwerke mit explosiven Stoffen müssen von Eisenbahnzügen oder geheizten Locomotiven mindestens 300 M. entfernt bleiben. Sind Wegstrecken zu passiren, auf welchen wegen der gleichlaufenden Richtung der Eisenbahn und des Weges oder wegen der Frequenz der Bahn obiger Vorschrift nicht genügt werden kann, so ist der Eisenbahn-Betriebsbehörde, welcher die unmittelbare Betriebsleitung der betreffenden Strecke obliegt, von dem beabsichtigten Transporte rechtzeitig Anzeige zu machen, und hat diese dann die zur Beseitigung von Gefahr geeigneten Anordnungen zu treffen.

§. 15. Der Transport durch zusammenhängend gebaute Ortschaften ist nur gestattet, wenn diese Orte nicht auf für Frachtfuhrwerk passirbaren Wegen umfahren werden können. Ist die Durchfahrt unvermeidlich, so ist von der bevorstehenden Ankunft des Transportes der mit der Wahrnehmung der Ortspolizei betrauten Behörde zeitig Anzeige zu machen und sind deren Bestimmungen zu erwarten. Die Behörde hat den zu nehmenden Straßenzug zu bestimmen, denselben von anderen Fahrzeugen möglichst frei zu halten und Sorge zu tragen, daß die Durchfahrt ohne unnöthigen Aufenthalt und mit Vermeidung besonderer Gefahren erfolgt.

§. 16. Das Abladen hat den Vorschriften des §. 5 entsprechend zu erfolgen.

B. Versendung explosiver Stoffe auf Schiffen und Fähren.

§. 17. Auf Dampfschiffen, welche Personen befördern, dürfen explosive Stoffe nicht transportirt, an Schießpulver oder Feuerwerk-körpern jedoch darf so viel mitgeführt werden, als zur Abgabe von Signalen nothwendig ist. Die im §. 3 enthaltene Ausnahmebestimmung findet auch hier Anwendung.

§. 18. Die §§. 4, 5, 10 und 16 finden auch hier Anwendung. Das Ein- und Ausladen darf nur an einer von der Polizeibehörde dazu angewiesenen Stelle, welche möglichst weit von bewohnten Gebäuden entfernt sein muß, erfolgen. Die Ladestelle darf dem Publicum nicht zugänglich sein und ist, wenn ausnahmsweise das Ein- oder Ausladen bei Dunkelheit stattfindet, mit fest- und hochstehenden Laternen zu beleuchten. Die mit explosiven Stoffen gefüllten Behälter dürfen nicht eher auf die Ladestelle gebracht oder daselbst zugelassen werden, bis die Verladung beginnen soll.

§. 19. Die explosiven Stoffe müssen auf dem Schiffe in einem abgeschlossenen Raume, welcher bei Dampfschiffen möglichst weit von dem Kesselraum entfernt sein muß

Digitized by Google

unter Deck fest verstaut verladen werden. Bei Verladung in offenen Booten müssen letztere mit einem Plantuch überspannt werden. Weder in diesen, noch in den unmittelbar daran stoßenden Räumen dürfen Zündhütchen und Zündschnüre verpackt sein. Leicht entzündliche Stoffe sind mit Ausnahme der zum Betriebe der Dampfkessel oder der Küchen dienenden Brennmaterialien von der gleichzeitigen Beförderung überhaupt ausgeschlossen. Brennmaterialien dürfen nur in feuersicheren und leicht unter Wasser zu setzenden besonderen Räumen aufbewahrt werden. Das Schiff muß auf Binnengewässern mit einer von weitem erkennbaren, stets ausgespannt gehaltenen schwarzen Flagge mit einem weißen P versehen werden. Die Vorschrift des §. 8 findet auf den Transport zu Schiffe sinngemäße Anwendung.

§. 20. Im Uebrigen ist beim Transport explosiver Stoffe auf Schiffen Folgendes zu beobachten: a) Sind zusammenhängend gebaute Ortschaften zu berühren, so ist wie bei dem Landtransporte zu verfahren. Die Durchfahrt ist von der Behörde nur zu gestatten, nachdem die Passage freigemacht und die Anordnung getroffen ist, daß Brücken ꝛc. ohne Aufenthalt passirt werden können. In größeren Städten und bei beengten Wasserstraßen ist die Behörde befugt, die Durchfahrt ganz zu untersagen. b) Sind Schiffbrücken oder Schleusen zu passiren, so ist dem Brücken- oder Schleusenwärter von der bevorstehenden Ankunft des Fahrzeugs und seiner ungefähren Größe zeitig Anzeige zu machen. c) In Betreff des Passirens von Eisenbahnbrücken ist, wie im §. 14 vorgeschrieben, zu verfahren. d) Das Anlegen darf nur an Orten geschehen, welche dem Publikum nicht zugänglich sind. Die Ortspolizeibehörde ist stets vorher in Kenntniß zu setzen und hat Vorschriften über Ort, Zeit und Vorsichtsmaßregeln im Einzelnen zu geben.

§. 21. Fähren, welche Fuhrwerke mit explosiven Stoffen übersetzen, dürfen nicht gleichzeitig andere Fuhrwerke oder Personen befördern.

C. Versendung explosiver Stoffe auf Eisenbahnen.

§. 22. Die Versendung explosiver Stoffe auf Eisenbahnen ist durch besondere Bestimmungen geregelt.

II. Handel mit explosiven Stoffen.

§. 23. Wer explosive Stoffe feil zu halten beabsichtigt, muß davon der Polizeibehörde Anzeige machen.

§. 24. Die Abgabe von explosiven Stoffen an Personen unter 16 Jahren ist verboten.

§. 25. Pulver, Pulvermunition, Feuerwerkskörper und Zündungen in Quantitäten von mehr als 1 Kilogr., sowie alle sonstigen explosiven Stoffe in jeder Quantität dürfen nur an solche Personen abgegeben werden, von welchen ein Mißbrauch nicht zu besorgen ist und welche in dieser Hinsicht dem Verkäufer vollkommen bekannt sind. Wofern letzteres nicht der Fall ist, hat sich der Käufer durch ein Zeugniß der Polizeibehörde auszuweisen, daß der Abgabe kein Hinderniß im Wege steht. Dieses Zeugniß ist bei der Abgabe von Dynamit, Schießbaumwolle und der in §. 2 bezeichneten Stoffe in jedem Fall erforderlich. Die Polizeibehörde hat sich vor Ertheilung des Zeugnisses über die Art der beabsichtigten Verwendung und den etwa beabsichtigten Aufbewahrungsort zu erkundigen und geeignetenfalls die entsprechenden Maßnahmen zu treffen. An jeder Dynamitpatrone muß die Bezeichnung „Dynamit" und die Firma der Fabrik deutlich angebracht sein.

§. 26. Wer sich mit der Anfertigung oder dem Verkauf von explosiven Stoffen befaßt, ist verpflichtet, über alle Käufe und Verkäufe von Pulver, Pulvermunition, Feuerwerkskörpern und Zündungen in Quantitäten von mehr als 1 Kilogr., sowie über alle Käufe und Verkäufe sonstiger explosiver Stoffe ein Buch zu führen, welches über die Namen und die Legitimation der Abnehmer, den Zeitpunkt der Abgabe und die abgegebenen Quantitäten Aufschluß giebt. Dieses Buch, sowie die nach §. 25 erforderlichen Zeugnisse sind der Polizeibehörde auf Verlangen jederzeit zur Einsicht offen zu legen.

III. Lagerung explosiver Stoffe.

A. Pulver, Pulvermunition, Feuerwerkskörper und Zündungen.

§. 27. Wer mit Pulver, Pulvermunition, Feuerwerkskörpern und Zündungen Handel treibt, darf 1. im Kaufladen nicht mehr als 1 Kilogr., 2. im Hause außerdem nicht mehr als 5 Kilogr. vorräthig halten. Auf Nachweis eines besonderen Bedürfnisses kann die Erhöhung des Vorraths unter 2. zeitweilig bis auf 10 Kilogr. gestattet werden. Die Aufbewahrung desselben darf nur in einem auf dem Dachboden (Speicher) belegenen,

Digitized by Google

mit keinem Schornsteinrohre in Verbindung stehenden abgesonderten Raume, der beständig unter Verschluß zu halten ist, und mit Licht nicht betreten werden darf, erfolgen. Die Behältnisse müssen den Bestimmungen in §. 4 entsprechen und bedeckt sein.

§. 28. Personen, welche nicht unter die Bestimmung des §. 27 fallen, bedürfen behufs der Aufbewahrung von mehr als 1 Kilogr. der polizeilichen Erlaubniß.

§. 29. Größere als die im §. 27 bezeichneten Mengen sind außerhalb der Ortschaften in besonderen Magazinen aufzubewahren, von deren Sicherheit die Polizeibehörde und, soweit es sich um militärische Magazine handelt, die Polizeibehörde in Gemeinschaft mit der Militärbehörde sich überzeugt hat. Es kann angeordnet werden, daß die Schlüssel zu diesem Local in den Händen der Behörde bleiben. Auf Kriegspulvermagazine in Festungen finden vorstehende Bestimmungen keine Anwendung.

§. 30. Die Aufbewahrung an der Herstellungsstätte, sowie an der Verbrauchsstätte unterliegt den im §. 31 gegebenen Vorschriften.

B. Andere Sprengstoffe.

§. 31. Die im §. 2 aufgeführten explosiven Stoffe dürfen nur an der Herstellungsstätte, Dynamit und Nitrocellulose außer an der Herstellungsstätte nur an denjenigen Orten, wo diese Stoffe behufs eines gewerblichen Betriebes zur unmittelbaren Verwendung gelangen oder in besonderen Magazinen aufbewahrt werden. Für die Aufbewahrung an der Herstellungsstätte sind die bei Ertheilung der Concession — §. 16 der Gewerbeordnung vom 21. Juni 1869 — vorgeschriebenen Bedingungen, in Ermangelung solcher Vorschriften die Weisungen der Polizeibehörde zu beachten. Die Niederlagen an der Verbrauchsstätte, sowie die besonderen Magazine bedürfen der polizeilichen Genehmigung und sind nach den von der Polizeibehörde zu ertheilenden Vorschriften einzurichten. Bei den Niederlagen der Militärverwaltung concurrirt in derselben Weise wie bei ihren Pulvermagazinen die Militärbehörde (§. 29). Es kann angeordnet werden, daß die Schlüssel zu dem Magazin in den Händen der Behörde bleiben.

IV. Strafbestimmungen.

§. 32. Zuwiderhandlungen gegen vorstehende Vorschriften werden nach §. 367 Nr. 5 des Strafgesetzbuchs für das Deutsche Reich bestraft.

V. Schlußbestimmungen.

§. 33. Die Vorschriften über militärische, von Militärpersonen begleitete Transporte explosiver Stoffe, sowie die Vorschriften über die Behandlung der mit explosiven Stoffen beladenen Schiffe in den Häfen bleiben unberührt.

Digitized by Google

II.

Die Sprengtechnik.*)

Dieselbe ist noch eine sehr junge Wissenschaft. Ja man kann dreist behaupten, daß sie nicht älter als 10—15 Jahre sei. Denn so lange noch das Schießpulver hauptsächlich für das Sprengen benutzt wurde, war letzteres eine handwerksmäßig betriebene Operation ohne jeglichen wissenschaftlichen Rückhalt.

Mit der Anwendung der neuen Nitroglycerin-Sprengstoffe ist dies rasch anders geworden. Die ausgedehntesten wissenschaftlichen Versuche wurden mit den neuen Explosivstoffen angestellt und die Resultate in der Sprengtechnik verwerthet. Wir erwähnen in dieser Richtung nur die trefflichen Untersuchungen von Abel,**) dem Chemiker des englischen Kriegsdepartements, sowie die langjährigen praktischen Versuche des k. k. österreichischen technischen und administrativen Militär-Comités. Es ist überhaupt hervorzuheben, daß in Oesterreich-Ungarn die Sprengtechnik auf der höchsten, von keinem anderen Lande erreichten Stufe der Vollkommenheit

*) Allen, welche sich mit diesem Gegenstande näher vertraut machen wollen, sei das vortreffliche Werk von Julius Mahler „Die Sprengtechnik" empfohlen. Dasselbe berücksichtigt die allerneuesten Erfahrungen und ist von uns mit Erlaubniß des Verfassers vorliegendem Abschnitte zu Grunde gelegt worden.

**) Vergleiche die neuesten Untersuchungen Abel's „Recent Contributions to the history of detonating agents" in „Chem. News" 1879, S. 165, 177, 187, 198 und 209.

Digitized by Google

sich befindet. Es gilt dies nicht nur von der Kriegs-, sondern ebenso auch von der Civil-Sprengtechnik. Firmen, wie das Bureau für Sprengtechnik von Mahler und Eschenbacher in Wien, haben Weltruf und sind mit den Fortschritten der Sprengtechnik unzertrennlich verbunden.

Die wichtigsten Aufgaben der modernen Sprengtechnik sind folgende:

1. Eisenbahn-, Straßen-, Hafen- und Strombauten in der kürzesten Zeit durchzuführen; dem Verkehre neue und sichere Wege zu verschaffen, Hemmnisse und Gefahren zu beseitigen.

2. Reiche Kohlen- und Erzlager in Kürze zu erschließen und abzubauen; Metallmassen, deren Volumen und Gewicht sie der Verarbeitung entzieht, wieder der Verwendung zugängig zu machen.

3. Die Klärung großer Waldflächen von den in der Erde zurückgebliebenen Baumstöcken.

4. Die Lockerung des Untergrundes auf Tiefen, in die kein Ackergeräth hinabreicht, oder an Stellen, wo jedes Ackergeräth nutzlos wird.

5. Angriff und Vertheidigung im Kriege intensiver zu führen; feindliche oder dem Feinde dienliche Objecte zu zerstören.

Die Hilfsmittel der Sprengtechnik sind:

1. Die Maschinen und Werkzeuge zur Herstellung der Räume für die Aufnahme der Ladungen (Bohrmaschinen u. s. w.).

2. Die Zündmittel.

3. Die Explosivstoffe.

1. Die Bohrmaschinen.

Wir unterscheiden zwischen Percussions- und Rotations-Bohrmaschinen; bei ersteren arbeitet der Bohrer

Digitized by Google

schlagend und durch seine Bohrschneiden den Stein zerstoßend. Die Percussions-Bohrmaschinen werden durch Dampf oder comprimirte Luft getrieben.

Bei den Rotations-Bohrmaschinen unterscheiden sich wieder zwei verschiedene Principien, und zwar wird entweder das Gestein unter mäßigem Drucke abgeschliffen, indem man harte, kantige Körper daran reibt, oder das Gestein wird unter sehr hohem Druck zerbröckelt; erstere sind die durch comprimirte Luft getriebenen Diamant-Bohrmaschinen, letztere die erst jüngst aufgetauchten Brand'schen Bohrmaschinen, deren Druck und Rotation durch hydraulische Kraft bewirkt wird.

Die Percussions-Bohrmaschinen bestehen aus einem Cylinder, in welchem ein Arbeitskolben, mit dem der Bohrer verbunden, in rasche Vor- und Rückbewegung gesetzt wird. Die mit ziemlich großer Geschwindigkeit (200 bis 400 Mal per Minute) und großer Kraft geführten Schläge des Bohrers gegen das Gestein zermalmen dasselbe auf ähnliche Art, wie dies bei der Handbohrung geschieht.

Die Vortheile der Percussions-Bohrmaschinen sind: geringe Unkosten bei der Beschaffung und Erhaltung, verhältnißmäßig geringes Gewicht, entsprechend leichte Handhabung und leichter Transport, einfache Construction und geringe Dimensionen bei bedeutender Arbeitsleistung.

Die Nachtheile sind geringe: Die unvermeidlichen Erschütterungen, welche die rasch auf einander folgenden Schläge verursachen, und das die Arbeit begleitende Geräusch.

Der Verbrauch an Luft (Dampf) schwankt zwischen 0·28 bis 0·50 Km. per Minute bei $3^1/_2$ bis $6^1/_2$ Atmosphären Spannung. Es genügen Motoren von 4 bis 6 Pferdekräften per Maschine.

Digitized by Google

Die Diamant-Bohrmaschinen zerfallen in solche für Schürfungen und Tiefbohrungen und in solche für Stollenvortrieb. Erstere Gattung steht noch heute unübertroffen da, während letztere überall den Percussions-Bohrmaschinen weichen mußte.

Die Diamant-Bohrmaschinen für Tiefbohrungen bestehen aus den Antriebs-Maschinen (circa 12 Pferdekräfte für 500 Meter Tiefe), dem Räderwerke, der Bohrspindel, der Bohrkrone und dem Gestänge.

Durchgängig kommen jetzt schwarze Diamanten (carbons) zur Verwendung. Trotzdem kommen die Bohrkronen mit Diamanten von 50 (26 Mm.) bis 250 (75 Mm.) Dollars per Stück zu stehen.

Das Bohrgestänge ist hohl, um das Druckwasser zum Ausspülen des Bohrmehls durchtreiben zu können. Man rechnet bei Tiefbohrungen einschließlich aller Gestänge-Arbeiten auf eine Stunde Arbeit je nach dem Gestein 1—3 Meter Bohrlochstiefe bei einem Lochdurchmesser von 30—50 Mm.

Die Brand'sche Rotations-Bohrmaschine besteht aus dem Preßcylinder, aus zwei Wassersäulen-Maschinen und der Bohrstange mit dem Bohrer. Das Bohren geschieht indem der an der Schneidfläche sägezähnförmige konische Kernbohrer, welcher an der Bohrstange befestigt ist, durch den Preßcylinder unter hohem Drucke gegen das Gestein gepreßt und durch die Wassersäulen-Maschinen in rotirende Bewegung gesetzt wird; durch den Druck und die Drehung werden die Zähne des Bohrers das Gestein zerbröckeln und so die Vertiefung des Bohrloches herstellen. Die Maschine preßt mit 80 Atmosphären Druck den Bohrer gegen das Gestein und macht per Minute 10 Umdrehungen; das Wasserquantum, welches verbraucht wird, beträgt 50 Liter per Minute.

Digitized by Google

Die Vortheile der Brand'schen Rotations-Bohrmaschine sind: die ruhige, alle Stöße vermeidende Arbeit, das leichte Festklemmen vor Ort und, wenn das natürliche Gefälle vorhanden ist, der billige Motor (wo kein natürliches Gefälle den hohen Wasserdruck beschafft, müssen Dampfmaschinen, Pumpen, Accumulatoren denselben erzeugen).

Die Nachtheile der Maschine sind: der sehr hohe Preis (1800 österr. Gulden), bedeutendes Gewicht, difficile Bedienung, das große Quantum Ueberwasser, welches vorzüglich beim Schachtabteufen belästigt, die nur rechtwinklig auf die Achse der Bohrsäule mögliche Bohrlochsrichtung, der Mangel jeder Ventilation, die beschränkte Anwendbarkeit und die sehr starken Zuleitungsrohre.

Die Arbeitsleistung ist der einer guten Percussions-Bohrmaschine gleich, dagegen das Kraftersorderniß zwanzigmal größer.

Die rotirenden Bohrmaschinen werden trotz ihrer Vorzüge die Percussions-Bohrmaschine nicht ersetzen können.

Eine in neuester Zeit vielfach angewendete Percussions-Bohrmaschine ist die Schram-Mahler'sche Maschine. Dieselbe ist speciell für den Betrieb durch comprimirte Luft gebaut, obwohl sie auch für directen Dampfbetrieb verwendbar ist. Stets aber bleibt die Arbeit mit comprimirter Luft vorzuziehen, da hierbei die Maschine weder durch die enorme Hitze in ihren Theilen ausgedehnt, noch durch Condensations-Wasser gefüllt und verunreinigt wird.

Die comprimirte Luft wird auf 10 bis 15 Meter Entfernung von der Bohrmaschine in Eisenrohren, von diesen aus in Guttaperchaschläuchen bis zur Maschine geführt. Was die effective Leistung der Maschine anbelangt, so mögen hier folgende Zahlen angeführt werden. In einem Stollen von nur 2·31 Quadratmeter Querschnitt bei 2·1 Meter Höhe

wurden, während dem Abrichten der Hauer in der Maschinenbohrung, in 8 Arbeitstagen (à 21 Stunden Arbeitszeit) 8 Currentmeter Stollen ausgeschlagen. Mit nur einer Maschine Nr. 1 wurden 220 Minen in einer Gesammttiefe von 107·5 Meter gebohrt. Die geleistete Bohrarbeit per Currentmeter Stollenvortrieb besteht demnach aus 27 bis 28 Minen mit circa 13·5 Meter Bohrung.

Die Schram-Mahler'sche Bohrmaschine hat in neuester Zeit in bedeutenden Werken alle anderen Systeme verdrängt, so in Ramsbeck in Westfalen und auf Friedrichssegen bei Oberlahnstein, in den Werken des Liebauer Kohlen-Vereines in Preußisch-Schlesien, in der Maschinenfabrik von L. Nobel in St. Petersburg, bei J. P. Gérard & Comp. in Lüttich, in den Gold- und Kupferminen zu Larvás in Brasilien, bei der k. k. österreichischen Bergdirection zu Przibram u. s. w.

Der Betrieb dieser Bohrmaschine gegenüber dem Handbetrieb ist nicht nur um 8 Percent billiger, sondern auch um 150 Percent rascher.

Nächst den Gesteins-Bohrmaschinen sind es im Kohlenbergbau die Schrämm-Maschinen, welche die Aufmerksamkeit des Ingenieurs beschäftigen. Ueber diese, sowie über die Steinbearbeitungs-Maschinen finden Interessenten das Nähere im oft genannten Werke von J. Mahler.*)

2. Die Zündmittel.

Man unterscheidet Zeitzünder und Momentanzünder. Zu ersteren gehören die Bickford-Zündschnüre, zu letzteren die schnell brennenden Zündschnüre und die elektrischen Zünder.

*) „Die Sprengtechnik" von Julius Mahler. S. 79.

Digitized by Google

Die Bickford-Zündschnüre sind Hanfschnüre, in denen eine feine Mehlpulverseele sich befindet, welche das Feuer langsam bis zum Zündhütchen führt und so die Minenzündung bewirkt.

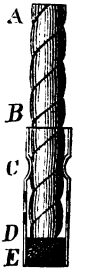
Sollen die Zündschnüre für nasse Bohrlöcher, respective im Wasser gebraucht werden, so werden solche von größerem Durchmesser angewendet und dieselben gut getheert, respective mit einer wasserdichten Masse überzogen.

Das Verbinden der langsam brennenden Zündschnüre mit dem Zündhütchen geschieht auf folgende Weise:

Ein der Bohrlochslänge entsprechendes Stück Zündschnur A D wird an einem Ende senkrecht auf die Längsrichtung scharf abgeschnitten, in ein Zündhütchen B E (Fig. 17) soweit eingesteckt, bis sie auf dem Knallsatze D E desselben aufsitzt, und dann dieses mit einer kleinen Zange oben an die Zündschnur angekniffen (bei C), so daß sich die Zündschnur in dem Hütchen nicht mehr verschieben kann.

Bei Verwendung der Bickford-Zündschnur wird diese am Ende ungefähr 2·5 Cm. (1 Zoll) lang in ihrer Längenachse bis auf die Pulverseele aufgeschnitten und in diesen Schnitt entweder Mehlpulver gestreut, oder ein Stück Zündschwamm eingeklemmt. Das Zünden der Bickford-Zündschnüre geschieht, indem man das aufgestreute Mehlpulver oder den eingeklemmten Zündschwamm mit einer brennenden Lunte oder Kohle berührt.

Fig. 17.



Die schnellbrennenden Zündschnüre sind mit besonderen Lösungen getränkte und mit explosiven Stoffen imprägnirte Baumwollfäden, die mit Bandstreifen umwunden und dann durch Bleiröhrchen gezogen oder mit Guttapercha umhüllt werden. Außer in der Kriegstechnik kommen sie

Digitized by Google

nur selten zur Verwendung, da sie eine sehr vorsichtige und sorgfältige Behandlung erfordern.

Die elektrische Zündung. Dieselbe ermöglicht nicht nur eine bedeutende Ersparniß an Bohrarbeit und Sprengstoff, sondern gewährt auch den Arbeitern völlige Sicherheit. Versagen dagegen bei Anwendung der Bickford-Schnur Schüsse, so muß man lange Zeit warten, ehe man den Sprengort betreten kann, da solche Schnüre oft lange langsam fortglimmen und endlich doch noch zünden. Dann ist aber auch die Wirkung auf einander folgender Schüsse lange nicht so kräftig als jene richtig combinirter, gleichzeitig abgefeuerter Schüsse.

Die elektrische Zündung gestattet es, die Bohrlöcher auf das Doppelte der Vorgabe*) auseinander zu legen, während die Schnurzündung nur Abstände vom 1- bis $1\frac{1}{2}$-fachen der Vorgabe gestattet.

Der Vorstand der General-Inspection für Eisenbahnen in Oesterreich, Hofrath Ritter von Pischof, äußert sich über die Vortheile der elektrischen Zündung folgendermaßen

»Eine wesentliche vermehrte Wirkung und bedeutende Kostenersparniß wird erzielt, wenn die Anlage der Sprengschüsse derart stattfindet, daß die Wirkung der einzelnen Ladungen bei der Explosion sich gegenseitig unterstützt, was durch eine combinirte Anlage der Bohrlöcher und durch gleichzeitige elektrische Zündung der Ladungen stattfindet. Die Erfahrung hat gezeigt, daß durch richtige Verwendung dieser Methode im Durchschnitte die doppelte Wirkung erzielt wird, als wenn die einzelnen Ladungen mittelst Zündschnüren auf gewöhnliche Art einzeln abgefeuert werden, weshalb in allen Fällen, wo dies thunlich, aus Zeit- und Kostenersparniß die

*) Unter „Vorgabe" versteht man die kürzeste Widerstandslinie, das heißt die Entfernung des Minenherdes von der nächsten freien Fläche.

Digitized by Google

Sprengungen mittelst des elektrischen Funkens vorgenommen werden sollen.«

Die Kostenersparniß ist eine ganz bedeutende, wie folgendes von Julius Mahler in seiner »Sprengtechnik« gegebene Beispiel zeigt.

Bei einem Bahneinschnitte, der in ein Meter hohen Staffeln (sie waren durch die Schichtung gegeben) abgebaut wurde, und welcher eine Breite von 30 Meter hatte, entfielen bei Anwendung der Schnurzündung 20 Minen, während durch Anwendung der elektrischen Zündung die Minenzahl auf 15 herabgemindert wurde. Demnach ergab die elektrische Zündung eine 25percentige Ersparniß an Bohrarbeit und Dynamit.

Wie sehr die elektrische Zündung eine Arbeit fördernde und Ersparnisse an Bohrarbeit und Sprengmittel erzielende ist, zeigten auch neuerdings die Abteufungsarbeiten an der Urquelle zu Teplitz, die im Frühjahr 1879 zur Wiederfindung der Thermalquelle unter Oberleitung von Julius Mahler durch einen Ingenieur seines Bureaus für Sprengtechnik, von H. Münch, ausgeführt wurden.

Bei dieser Schachtteufung entfallen

im Trockenen:

per Kubikmeter gelösten festen Porphyr

0·560 Meter Bohrung,
0·084 Kilogramm Dynamit,
0·87 elektrischer Zünder;

unter Wasser:

0·750 Meter Bohrung,
0·200 Kilogramm Dynamit,
1·30 elektrischer Zünder.

Der Stollenvortrieb und das Schachtabteufen sind rationell nur bei Anwendung der elektrischen Zündung auszuführen

Digitized by Google

Die zur elektrischen Zündung nöthigen Materialien sind:

a) die Zündmaschine,
b) die Leitung,
c) die Zünder.

a) die Zündmaschine.*) Als man sich der vielen großen Vortheile der elektrischen Zündung allmälich bewußt wurde, wandte man bei dem Suchen nach einem praktischen Zündapparat zuerst den galvanischen Ketten seine Aufmerksamkeit zu, da ja Elektrisir-Maschinen gegen die in den Gruben stets herrschende Grubenfeuchtigkeit sehr empfindlich sind und dort ihre Wirkung versagten.

Doch stellte sich bald heraus, daß galvanische Ketten viele Mängel zeigen und zu unserem Zwecke durchaus unbrauchbar sind. Einmal sind dazu viele Plattenpaare nöthig, welche die Batterie zerbrechlich, complicirt und schwer machen; die Flüssigkeiten in den Zellen vermindern außerdem die Transportfähigkeit in hohem Grade und die Reinigung und Neufüllung der Batterie muß von einem erfahrenen Manne geschehen. Dazu kommt noch, daß auf eine höchst sorgfältige Isolirung der Leitungsdrähte und peinlich genaue Verbindung der Drahtenden gesehen werden muß, die in den meisten Fällen nur durch Zusammenlöthen erzielt werden kann, alles Arbeiten, die der gewöhnliche Bergmann schwer lernen wird.

Die Einschaltung von Inductions-Apparaten vermehrt zwar die Stromintensität, ohne indeß den anderen Nachtheilen

*) „Notizen über die Patent-Zünd-Elektrisir-Maschinen für die Sprengtechnik" von A. Bornhardt. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn. 1879 (vom Verfasser uns zur Benutzung freundlichst überlassen); „Die Sprengtechnik" von Julius Mahler, S. 102.

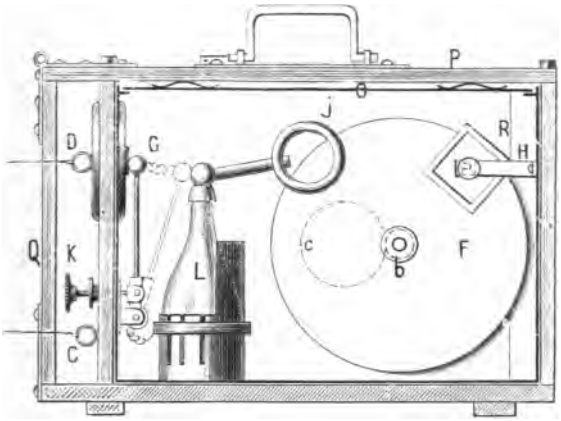
Digitized by Google

abhelfen zu können. Es haben sich denn auch diese Apparate durchaus nicht einbürgern können.

Mit ebensowenig Erfolg hat man magneto-elektrische Rotations-Apparate anzuwenden gesucht. Sollen diese einen ausreichend starken Strom erzeugen, so werden sie sehr schwer; die Lamellen des Magnets leiden stark durch die Grubenfeuchtigkeit; eine sehr sorgfältige Isolirung der Leitungsdrähte ist auch hier erforderlich und die Maschine ist sehr theuer.

So kam man denn darauf, Reibungs-Elektrisir-Maschinen zu benützen. Den Hauptfehler derselben, die Empfindlichkeit

Fig. 18.



gegen Nässe, beseitigte Bornhardt durch Einsetzen derselben in einen luftdicht verschlossenen Kasten aus Zinkblech, in dem außerdem kleine Kasten mit geglühter Holzkohle eingesetzt sind, um jeden Einfluß der Feuchtigkeit aufzuheben.

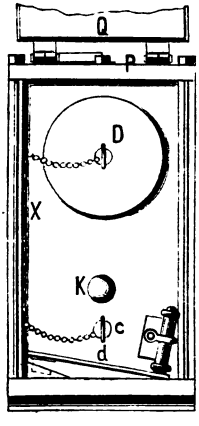
Als Conductor, respective Condensator dient bei der Bornhardt'schen Patent-Zünd-Elektrisir-Maschine (Fig. 18) eine Leydener Flasche, deren Knopf direct mit den Saugringen

Digitized by Google

in Verbindung steht, während die äußere Belegung die Reibzeug-Elektricität aufnimmt.

F ist eine einfache oder doppelte Scheibe von Hartgummi, ihre eiserne Achse trägt außerhalb des Kastens, durch welchen sie hindurchgeht, ein Getriebe b, welches durch ein viermal größeres Zahnrad c mittelst einer Kurbel in schnelle Rotation versetzt wird. Die Drehung der Kurbel kann in beliebiger Richtung erfolgen, und ist es bei dem praktischen Gebrauch der Maschine sogar vortheilhaft, abwechselnd rechts oder links herumzudrehen, weil dadurch ein Absetzen von Theilen der Scheibe auf das Reibzeug im verminderten Maß stattfindet und die Wirkung der Maschine längere Zeit constant bleibt, ohne die Reinigung des Reibzeuges zu oft zu erfordern.

Fig. 19.



Das Reibzeug R besteht aus einem kleinen Stückchen Pelzwerk, das durch eine schwache Doppelfeder H beiderseits an die Scheibe angedrückt wird. Die Saugringe J saugen die erzeugte Elektricität auf und laden dadurch den Flaschen-Condensator L; von diesen wird jeder einzelne sorgfältig vorher auf gute Isolation geprüft, damit ein Unbrauchbarwerden nicht stattfinden kann.

Die Flaschen stehen in einem Futter, welches sich am Boden des Kastens befindet; sie tragen an ihrer Vorderseite eine Hartgummi-Schutzscheibe, um ein Ausstrahlen der Elektricität von der Scheibe zur äußeren Belegung zu verhüten.

Zur Entladung des Flaschen-Condensators dient der Entlader G, welcher durch Druck auf einen an der Seite befindlichen Knopf K mit dem Knopfe der Flasche in

Digitized by Google

Berührung tritt (die in Fig. 18 punktirte Lage annimmt) und durch eine Feder mit der Oese C in Verbindung bleibt. Die Oese D steht mit der äußeren Belegung der Flasche in leitender Verbindung.

Zur leichten Prüfung des normalen Zustandes der Maschine ist bei x (Fig. 19) eine Funkenscala von 15 Metallknöpfen angebracht, die durch Ketten mit den Oesen c und in D Verbindung gebracht werden kann. Ueberspringt der durch etwa 15 bis 20 Umdrehungen erzeugte Funken die Unterbrechungen dieser Scala lebhaft, wenn man die Flasche durch einen Druck auf den Entlader K entladet, so ist die Maschine in gutem Zustande.

Die Regeln bei dem Gebrauchen der Bornhardt'schen Zündmaschine sind folgende:

1. Die Maschine ist täglich vor dem Gebrauche auf genügende Wirksamkeit zu prüfen, was geschieht, indem man die Ketten der im Vorderraume des Kastens befindlichen Scala in die obere und untere Oese einhängt, vermittelst der Kurbeln etwa 12—16 Umdrehungen macht und durch Druck auf den Entladerknopf entladet. Springt der Funken über die Scala, so ist die Maschine in gutem Zustande, sie genügt auch noch, wenn man bis 25 Umdrehungen machen muß; andernfalls ist die Maschine nach unten stehenden Angaben zu behandeln.

2. Nach diesem Versuche ist die Kurbel abzuziehen und der Vorderraum wieder zu schließen.

3. Die runde Hartgummi-Isolirung ist, wenn die Luft feucht, mit einem trockenen seidenen oder wollenen Tuche öfter abzuwischen, namentlich vor Nässe und Schmutz zu schützen, überhaupt sauber und trocken zu erhalten.

4. Die Maschine darf nur dem mit der Sprengung Beauftragten zugänglich sein.

Digitized by Google

5. Nachdem alle Bohrlöcher besetzt, die Zünder unter sich und mit den Leitungsdrähten zur Maschine verbunden sind und die Mannschaft in Sicherheit ist,

werden erst die Leitungsdrähte in die obere und untere Oese der Maschine eingehängt.

6. Nachdem dies geschehen, wird ein Signal oder Commando gegeben, circa 15, 20 bis 30 Kurbelumgänge, je nach der Anzahl der Böhrlöcher, gemacht, und durch Druck auf den Knopf entladen. Die Kurbel wird sogleich wieder abgezogen, **die Leitungsdrähte wieder ausgehängt,** und der Deckel der Maschine geschlossen.

7. Man vermeide möglichst, die Maschine in die Sonne zu stellen und gleich darauf in ein naßkaltes Local zu bringen, überhaupt starken Temperaturwechseln auszusetzen; namentlich bringe man sie nicht aus einem naßkalten Locale plötzlich in einen geheizten Raum. Die Maschine wird am besten in einem trockenen, luftigen Raume aufbewahrt.

In ganz ähnlicher Weise wie die Bornhardt'sche Patent-Zünd-Elektrisir-Maschine ist die Zündmaschine, System Mahler,*) construirt.

b) Die metallische Leitung. Man unterscheidet wie bei jeder elektrischen Leitung so auch hier die Luft- oder Hinleitung, welche bis zu ihrem Wirkungsorte auf wohlisolirte Metalldrähte angewiesen ist und die Erd- oder Rückleitung, welche durch den Erdboden oder durch einen sonstigen Leiter zum elektrischen Zünder geleitet wird.

Bei wichtigen Sprengungen, wo auf einen sicheren Erfolg gerechnet wird, wendet man stets isolirte Hin- und Rückleitung an. Es ist jedoch nicht unbedingt nöthig, daß

*) „Die Sprengtechnik" von Julius Mahler. Wien 1878, S. 102.

Digitized by Google

die Rückleitung stets isolirt werde, in Fällen z. B., wo nur eine Gruppe von Ladungen zu zünden ist, kann die Rückleitung aus auf den Boden gelegtem Metalldraht bestehen.

Zu den Drahtleitungen benützt man blanken Eisen- oder Messingdraht oder aber Guttapercha-Kupferdraht. Letzterer ist vorzuziehen, weil bei seinem Gebrauche Isolatoren entbehrlich werden. Der Guttaperchadraht ist (falls die isolirende Hülle unbeschädigt ist) sowohl in der Erde als im ruhigen Wasser liegend, vollkommen verläßlich. Wird er sofort benützt, so genügt es, den Draht ohneweiters auf den Boden zu legen.

c) Die elektrischen Zünder (System Trawniczek). Derselbe gestattet die Anbringung von Unterbrechungsstellen in der Leitung an jenen Orten, wo die Zündung der Sprengladung durch Vermittlung eines kleinen elektrischen Funkens noch mit Sicherheit erfolgen soll.

Fig. 20.

Man theilt die elektrischen Zünder in Pulver- und Dynamit-Zünder.

Beistehende Figur 20 zeigt einen elektrischen Dynamit-Zünder. Er besteht aus einem U-förmig gebogenen Messingdraht, welcher mit einer festen Masse umgossen ist. Dieser Zünderkörper ist mit einer Papierhülse m verbunden (die Zünder für submarine Zwecke haben Metallröhrchen), in welche eine Sprengkapsel k eingeschoben ist, die Knallquecksilber enthält.

Da wo die Buchstaben m stehen, zwischen der Kapsel und dem Zünderkörper, ist eine besondere Zündmischung, in welche der gebogene, fein durchgeschnittene Draht eintaucht, so daß bei Bildung des elektrischen Funkens an der Unterbrechungsstelle die Zündung

Digitized by Google

der Zündmischung und durch jene die der Sprengkapsel erfolgen muß.

Die elektrischen Zünder werden, mit hinreichend langen isolirten Leitungsdrähten verbunden, in den Handel gebracht, um sie so leichter verwenden zu können.

Man unterscheidet Bandzünder, Stabzünder und Guttapercha-Drahtzünder.

Bei den Bandzündern sind die Leitungsdrähte in getheerten Papier- oder Leinwandstreifen eingeschlossen. Die Leinwand-Bandzünder haben den Vorzug der Billigkeit, der Anwendbarkeit in nassen Bohrlöchern und des geringen Raumes, welchen sie im Bohrloch einnehmen.

Die Stabzünder; bei diesen ist die Isolirung der Leitungsdrähte durch Holzstäbchen hergestellt, indem die Drähte in letztere eingepreßt werden. In trockenen Minen gut verwendbar.

Die Guttapercha-Drahtzünder sind namentlich für Sprengungen unter Wasser zu empfehlen.

Die Anwendung der elektrischen Zündung.*) Es ist nunmehr die nächste Aufgabe, Zündmaschine, Leitung und Zünder mit einander in Verbindung zu bringen. Dies begreift drei Operationen in sich: 1. die Herrichtung eines Schusses, 2. die Verbindung der Schüsse unter sich und mit der Hauptleitung, 3. die Zündung.

a) Die Herrichtung eines Schusses. Der mit dem Laden der Bohrschüsse betraute Mineur oder Hauer erhält die elektrischen Zünder schon mit den für das Bohrloch erforderlich langen isolirten Drahtleitungen (Bohrlochs-

*) „Die Sprengtechnik" von Julius Mahler, S. 106; „Notizen über die Patent-Zünd-Elektrisir-Maschinen für die Sprengtechnik" von A. Bornhardt, S. 7; Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 214, S. 34.

Digitized by Google

Drähten), es mögen dieselben nun Stabzünder, Bandzünder oder Guttapercha-Drahtzünder sein.

Die aus dem Bohrloch hervorragenden Enden der Bohrlochsdrähte werden mit einem Messer blank geputzt.

Fig. 21.

Sollen Leitungsdrähte mit einander verbunden werden, so schabt man (zur Entfernung der oxydirten Schicht) die zu verbindenden Enden blank ab. Hierauf werden letztere zusammengeflochten, die vorstehenden Drahtspitzen zurückgebogen, das ganze Geflechte mit einer kleinen Breitzange gepreßt und die Drahtspitzen abgezwickt. (Fig. 21.)

Fig. 22.

Beim Guttapercha-Draht wird zuerst von den beiden zu verbindenden Drahtenden auf 5 Cm. die Guttapercha mit einem Messer abgeschabt. Nachdem nun die bloßgelegten Kupferdrähte, wie oben erwähnt, verbunden wurden, wird ein Kautschukröhrchen, welches gleich anfangs auf den einen Draht geschoben wurde, über die Verbindungsstelle der beiden Drähte gezogen. (Siehe Fig. 22.)

b) Die Verbindung der Schüsse unter sich und mit der Hauptleitung. Hat jeder Häuer seine Schüsse geladen, so ragen aus jedem Schusse die Enden der Bohrloch-Drähte einige Centimeter hervor. Der mit der Fertigstellung der Zündung betraute Vormann verbindet nun einen Bohrloch-Draht eines Schusses durch ein eingeschaltetes Drahtstück, dessen Enden sorgfältig blank zu putzen sind, mit der Hinleitung. Der zweite Draht desselben Schusses wird mit einem Drahte

Digitized by Google

eines Nachbarschusses, der zweite Draht des letzteren mit einem Drahte eines dritten Schusses u. s. f., endlich das übrig bleibende Ende des letzten Schusses mit der Rückleitung durch eingeschobene Drahtstücke verbunden.

Diese eingeschalteten Drähte nennt man Kuppeldrähte. Kommen selbe durchaus auf trockenen Stein, so wählt man als Kuppeldraht etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Millimeter dicken geglühten Eisendraht; kommen sie auf feuchten Boden, so nimmt man gewöhnlichen übersponnenen Blumendraht, den man mit Talg einschmiert; kommen endlich die Kuppeldrähte in's Wasser, so müssen gute Kautschukdrähte genommen werden.

Die Verbindungsstellen müssen bei feuchtem Auflager gut mit getheerter Leinwand oder Pechpflästerchen umbunden, bei Liegen im Wasser aber sorgfältig mit Kautschukmasse verwahrt werden. — Die Kuppeldrähte dürfen sich nirgends berühren.

Es sei schließlich noch bemerkt, daß das soeben beschriebene Verbinden der Schüsse unter sich und mit der Hauptleitung große Sorgfalt erfordert, weshalb es dem dazu bestimmten Vormanne für alle vorkommenden Fälle genau gelehrt werden muß.

c) Die Zündung. Sind alle Schüsse untereinander verbunden, so hängt der Vormann die beim Apparate befindlichen Enden der Hauptdrähte in die Leitungsknöpfe, steckt die Kurbel an den Apparat, ladet denselben mittelst 30 bis 40 Umdrehungen und drückt am Knopfe K der Elektrisirmaschine (Fig. 18), das heißt, er zündet. Hierauf werden die Drahtenden ausgehängt, die Kurbel von der Maschine abgezogen und kann nun der Sprengort gefahrlos betreten werden, ohne Rücksicht darauf, ob alle Schüsse losgegangen sind oder nicht.

Digitized by Google

Röhrenzündung. Abel*) fand, daß die Explosion von Schießwolle und Dynamit sich durch enge Röhren fortpflanzt auf in gewisser Entfernung liegende Schießwolle, respective Dynamit. Man benutzt gegenwärtig diese Eigenschaft in der Praxis, um die Explosion von Dynamitladungen auf andere Ladungen zu übertragen.

Es genügt zu diesem Zweck, die verschiedenen Sprengbüchsen durch Eisenrohre von 23 Millimeter lichtem Durchmesser zu verbinden, jedoch muß jede Sprengbüchse, in die eine Röhre mündet, welche die Explosion übertragen soll, mindestens 1 Kilogr. Ladung enthalten und die Seite der Sprengbüchse wenigstens 5 Cm. messen.

3. Die explosiven Stoffe in der Sprengtechnik.

Man kann sämmtliche Explosivstoffe in zwei große Classen**) theilen, nämlich: 1. in die direct explodirbaren und 2. in die indirect explodirbaren.

Die direct explodirbaren Explosivstoffe können durch eine Flamme oder glühenden Körper, durch den Funken, kurz durch die Erhitzung eines Theiles bis zur Entzündungs-Temperatur unmittelbar zur Explosion gebracht werden. Bei dieser Classe von Explosivstoffen ist die Entzündungs-Temperatur demnach zusammenfallend mit der Explosions-Temperatur.

*) Abel: „Studien über die Eigenschaften explosiver Körper" in „Compt. rend". 1874, Band 78, S. 1227, 1301, 1362, 1432; in Dingler's „Polytechnischem Journal", Band 213, S. 145, 314, 427; vergl. auch Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 195, S. 364.

**) Ph. Heß: „Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genieweſens" 1877, S. 379—396 („Versuche über Zündmittel"); hieraus in Wagner's Jahresbericht 1877, S. 396.

Digitized by Google

Hierher gehören das Schwarzpulver und alle schwarzpulverähnlichen Mischungen, die trockene flockige Schießbaumwolle, das Schießholz und Schießpapier, Nitrostärke, Nitrozucker, Nitromannit, die Pikrinsäure und die Pikratpulver.

Die indirect explodirbaren Sprengstoffe können durch einfache Zündung nicht oder doch nicht unmittelbar zur Explosion gebracht werden, indem sie durch oben genannte Mittel nur einfach abbrennen und erst durch viel höhere directe Erhitzung bis zur Explosions-Temperatur oder durch einen mechanischen Impuls (Schlag, Stoß, Reibung) zur Detonation gelangen, wenn dieser Impuls derart in Wärme umgesetzt wird, daß hieraus die Erhitzung eines Sprengstofftheilchens bis zur Explosions-Temperatur gesteigert wird. Letztere ist also hier bedeutend höher als die Entzündungs-Temperatur, und ist diese Eigenschaft, welche allen Dynamiten ohne Ausnahme zukommt, von höchster Wichtigkeit für ihre praktische Verwendung und ihre Handhabung.

In Folge dieser Eigenschaften sind die Dynamite im Vergleich zu ihrer furchtbaren explosiven Kraft relativ gefahrlos zu handhaben. Freilich aber können sie auch nicht wie Schießpulver, Pikratpulver und flockige trockene Schießwolle durch die einfache Bickford-Schnur, sondern nur durch eine mit Zündschnur und Zündhütchen versehene Zündpatrone zur Explosion gebracht werden.

In diese zweite Classe der Explosivstoffe gehören feuchte und comprimirte Schießwolle, Dynamit 1, 2, 3 und 4, Cellulose-Dynamit, Spreng-Gelatine und die Gelatine-Dynamite, Lithofracteur, Dualin, sowie alle übrigen Dynamite und natürlich auch die Muttersubstanz der Dynamite, das Nitroglycerin.

Man kann fernerhin die Explosivstoffe auch eintheilen in sehr brisante und minder brisante.

Digitized by Google

Zu den sehr brisanten Sprengmitteln gehören Schießwolle (lose und comprimirte), Nitroglycerin und die Dynamite. Ferner das Knallquecksilber, die Pikratpulver und der Nitromannit.

Was die Brisanz der verschiedenen Dynamite anbelangt, so rangiren dieselben der Reihe nach, bei dem brisantesten beginnend: Gelatine-Dynamit, Kieselguhr-Dynamit Nr. 1, Cellulose-Dynamit, Dynamit Nr. 2, Nr. 3 und Nr. 4.

Zu den weniger brisanten, dagegen mehr treibenden Sprengmitteln gehören das Schwarzpulver und die schwarzpulverähnlichen Explosivstoffe.

Die Minenwirkung der explosiven Stoffe.

Bei gesprengten Minen kann man folgende Theile der gesammten Wirkungssphäre unterscheiden:

1. Die Zermalmungssphäre,
2. die Verschiebungssphäre und
3. die Trennungssphäre.

Je brisanter der Explosivstoff war, desto größer werden bei gleicher Ladungsmenge die ersten beiden Sphären; mit der Abnahme der Brisanz des verwendeten Sprengmittels nehmen die kubischen Inhalte der ersten beiden Sphären ab, dagegen wächst die Trennungssphäre.

Die Minenladungen aus Schwarzpulver erzeugen fast gar keine Zermalmungs- und eine mittelgroße Trennungssphäre, dagegen aber eine verhältnißmäßig große Verschiebungssphäre.

Eine richtig gelegte Dynamitmine »streut« nur sehr wenig, weil kein Nachschub von Gasen stattfindet und letztere sich gleichmäßig den Weg in's Freie bahnen. Beim explodirenden Schießpulver dagegen entwickelt sich anfangs nur ein Theil der Gase, welche sich einen Ausweg in's Freie

Digitized by Google

schaffen. Die so bereits vorhandenen Risse und Klüftungen werden von den späterhin aus dem Pulver sich entwickelnden Gasen erweitert und zugleich durch letztere die schon abgesprengten Felsstücke weit weggeschleudert, wodurch große Streuungen entstehen.

Die starken Dynamitsorten Gelatine-Dynamit, Cellulose-Dynamit, Dynamit Nr. 1 und 2 zermalmen und zerbrechen die benachbarten Partien des Körpers, und die Wirkung ist eine ziemlich scharf begrenzte. Die schwächeren Dynamitsorten Nr. 3 und 4 dagegen brechen nur in unmittelbarer Nähe, trennen aber weithin nach den offenen Lagern und Lassen.

Die Wirkung der verschiedenen Dynamite ist in gleichen Körpern also eine ganz verschiedene. Die Wirkung einer Dynamitmine ist abhängig: 1. von der Stärke des verwendeten Dynamits, 2. von der Widerstandsfähigkeit des Gesteines und 3. von dem Verhältniß der Minenladung als Gewichtsmenge zur Länge der Widerstandslinie.

Wenn das Gewicht der Ladung im richtigen Verhältniß war zur Länge der Widerstandslinie, so wird die Mine einen Trichter verursachen, dessen Halbmesser gleich ist der Länge der Widerstandslinie.

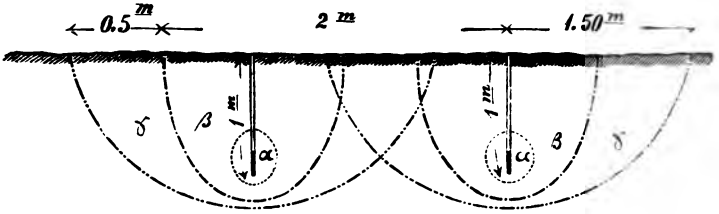
Das Dynamit 3 ist schwächer als Dynamit 2, weil in ersterem der Aufsaugestoff, in letzterem das Nitroglycerin mehr zur Wirkung gelangt. Es wird trotzdem eine gewisse Gewichtsmenge Dynamit 3 geben, welche einem bestimmten Gewicht Dynamit 2 an *Stärke* der Wirkung gleichkommt. Dagegen ist auch in diesem Falle die *Art* der Wirkung verschieden.

Angenommen, 10 Kilogr. Dynamit Nr. 3 seien gleichwerthig 6·8 Kilogr. Dynamit Nr. 2 und der zu sprengende Körper sei Felsen, so wird zwar die sogleich in die Augen

Digitized by Google

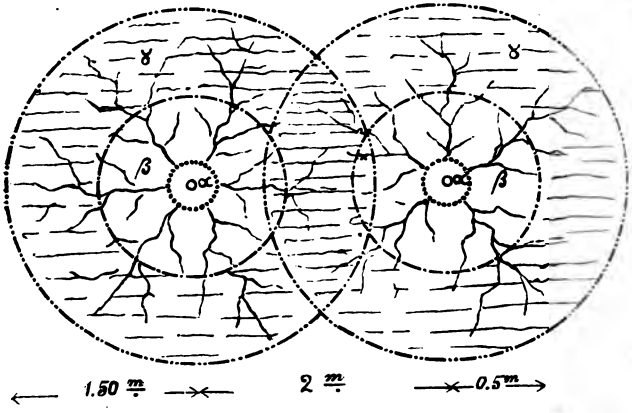
fallende Wirkung die gleiche sein, aber bei näherer Betrachtung werden folgende Unterschiede bemerkbar; Dynamit Nr. 3

Fig. 23.



Verticalschnitt

Fig. 24.



1.50 m 2 m 0.5 m

Horizontalschnitt in der Richtung des Minenherdes.
..... ist die Zermalmungssphäre (α).
—.—.—.—. ist die Verschiebungssphäre (β).
—..—..—..—.. ist die Trennungssphäre (γ).

wird eine geringe Zermalmungs-, eine mittlere Verschiebungs- und eine sehr große Trennungssphäre zeigen; Dynamit Nr. 2 dagegen zeigt eine größere Zermalmungs-, eine gleich große

Digitized by Google

Verschiebungs- und eine kleinere Trennungssphäre. Dynamit Nr. 3 wird demnach große Blöcke erzeugt und den Zusammenhang der Masse noch weithin gelockert haben. Die gebrochene Gesteinsmasse ist als Bau- und Werkstein zu benützen. Dynamit Nr. 2 aber hat überwiegend viele neue Brüche erzeugt, also das Gestein in kleinere Blöcke gebrochen und weniger weithin gelockert.

Vorstehend (Fig. 23 und 24) geben wir im Vertical- und Horizontalschnitt die Wirkungssphären zweier je 1 Meter tiefer und 2 Meter von einander entfernter Dynamitminen, welche mit ihren Trennungssphären über einander greifen.

Wir wenden uns nach diesen allgemeinen Bemerkungen nunmehr zu der Anwendung einzelner, besonders wichtiger Explosivstoffe in der Sprengtechnik, und zwar werden wir der Reihe nach das Schießpulver, die Schießbaumwolle, das Sprengöl, die Dynamite Nr. 1, 2, 3 und 4 und den Lithofracteur besprechen. Die anderen Explosivstoffe sind theils zu unwichtig für die Sprengtechnik, theils liegen über sie, obwohl ihr hoher Werth als Sprengstoff über jeden Zweifel erhaben ist, noch keine ausführlichen Versuche in der Literatur vor. Zu letzteren gehören z. B. das Cellulose-Dynamit und die Spreng-Gelatine, die erst in jüngster Vergangenheit in der Sprengtechnik eingeführt wurden.

A. Das gemeine Sprengpulver. Während dasselbe früher einzig und allein zum Sprengen verwendet wurde, sind ihm in den letzten fünfzehn Jahren mächtige Concurrenten entstanden und nimmt sein Gebrauch in der Sprengtechnik mit jedem Jahre ab.

In Steinbrüchen, und wo es weniger auf die Menge als auf die Güte und Größe der gelösten Massen ankommt, wird auch heute noch viel mit Pulver gesprengt, da das

Digitized by Google

Dynamit für diese Anwendung ein zu heftiges Explosionsvermögen besitzt. Es gelten für das Pulver bezüglich der Isolation, Verbindung der Schüsse u. s. w. im Allgemeinen dieselben Vorschriften wie für Dynamit, nur ist der Zünder etwas anders. Derselbe kommt billiger zu stehen als der Dynamitzünder, da er beiweitem nicht die Explosionskraft des letzteren zu besitzen braucht.

Fig 25.

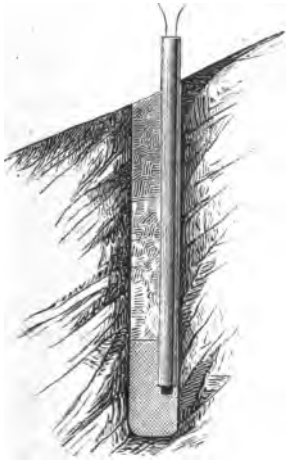
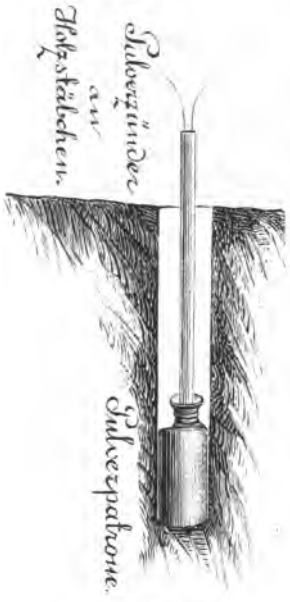


Fig. 26.



Derselbe besteht aus einer etwa 1 bis 1·5 Meter langen Holzstange (siehe Fig. 25), welche auf beiden Schmalseiten einen in einen Sägenschnitt eingelassenen dünnen Eisendraht trägt; dieser Draht verbindet sich am unteren Ende des Stabes mit der eigentlichen Zündpatrone, und werden die

Digitized by Google

am oberen Ende desselben herausragenden Drähte mit der Maschine verbunden.

Das Bohrloch füllt man mit der Hälfte des nöthigen Pulvers, steckt sodann den Stab mit seiner am unteren Ende befindlichen Patrone (kenntlich durch eine weiße Papierumklebung) hinein und schüttet das übrige Pulver hinzu.

Der Besatz des Bohrloches erfolgt durch Aufstampfen von Sand, Thon, Bohrmehl. Trockener Besatz ist vorzuziehen, vorzüglich bei mehreren gleichzeitigen Schüssen.

Bei horizontalen Bohrlöchern wendet man fertige, vorher mit Pulver gefüllte Papierhülsen an, in welchen sich der Zünder in der oben beschriebenen Lage befindet (siehe Fig. 26).

Man hat mit großer Sorgfalt vergleichende Versuche *) angestellt über die Verwendung von Dynamit und Schwarzpulver. Diese Versuche gaben folgendes Resultat:

a) 100 Ctr. Hauwerk kosten an Sprengmaterial:
bei Verwendung von Pulver 74·8 Kreuzer (österr.),
» » » Dynamit 39·4 » »

b) 100 Ctr. Hauwerk kosten an Arbeitswerth:
bei Verwendung von Pulver 318·466 Kreuzer,
» » » Dynamit 300·535 »

c) Die Kohlenschüttung giebt Werth an Percentsatz:

	Mit Pulver Percent	Mit Dynamit Percent	Mit Dynamit Percent
Stückkohle	78·237	79·711	+ 1·474
Kleinkohle	8·713	8·749	+ 0·036
Schütt- oder Förderkohle	13·050	11·540	— 1·510

oder an Werth per 100 Ctr. Erzeugung zu Gunsten der Dynamit-Verwendung 11·936 Kreuzer.

*) „Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen", Jahrg. 1876, Nr. 4; „Die Sprengtechnik" von Julius Mahler. 8. Aufl., S. 46.

Digitized by Google

Es wird also per Centner bei Anwendung von Dynamit erspart:

a) Werth an Sprengmaterial	.	0·354 Kreuzer,
b) » » Arbeitskraft	.	0·180 »
c) » » Kohlenschüttung	.	0·120 »
Zusammen		0·654 Kreuzer.

Dabei war aber das Gedinge per Ctr. um 0·611 Kreuzer niedriger, der Verdienst der Häuer um 7 Kreuzer, der Hundstößer und Förderer um je 6 Kreuzer höher gewesen.

Erfahrene Berg-Ingenieure haben sich dahin ausgesprochen, daß die Verwendung von Dynamit und elektrischer Zündung beim Schacht-Abteufen, dem Vortrieb von Stollen und Querschlägen, dann zum Lösen größerer Massen unvergleichlich bessere Resultate liefert als die Verwendung von Pulver und Zündschnur; nur beim Ausweiten und Formgeben in Stollen und Schächten ist die einfache Schnurzündung und Pulver vorzuziehen.

B. Die Schießbaumwolle.*) Bereits vor mehr als dreißig Jahren wurde dieselbe bei Erdarbeiten**) in Thon und Sandstein benutzt, wobei man fand, daß 1 Theil Schießwolle in seiner Wirkung gleich sei 6 Theilen Schießpulver.

Die Schießbaumwolle wirkt in hartem Gestein bedeutend besser als in weichem. Bei Sprengungen wird sie in Form hohler, geflochtener Stricke oder hohler Patronen angewendet. Diese hohle Form giebt man ihr deswegen,

*) Muspratt's „Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe", bearbeitet von Stohmann und Kerl. 2. Aufl., S. 1107; „Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei" von Dr. J. Upmann und Dr. E. v. Meyer. Abth. II, S. 36; sowie Joh. Lauer's „Spreng- und Zündversuche mit Dynamit und comprimirter Schießwolle", Wien, 1872.

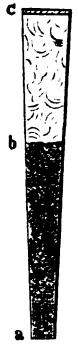
**) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 104, S. 465.

Digitized by Google

weil es bei Sprengungen mit Schießwolle vor Allem darauf ankommt, eine möglichst gleichzeitige und rasche Entzündung aller in einem Bohrloche befindlichen Patronen herbeizuführen. Dieser Zweck wird mit hohlen Patronen besser erreicht als mit vollen, da das Zündfeuer sowohl an der äußeren als inneren Seite der ersteren Angriffspunkte findet.

Da Schießwolle in lockerer Form zu den direct explodirbaren Explosivstoffen gehört, so kann sie ebenso wie Schießpulver durch eine einfache Zündschnur entzündet werden. Man verwendet hierzu Zündschnüre aus Schießbaumwolle, die in Röhren von Kautschuk oder Leinwand eingeschlossen sind.

Fig. 27.



Neuerdings wendet man zur Erhöhung der Sprengwirkung detonirende Zünder an. Dieselben (siehe Fig. 27) bestehen aus einer konischen Kupferröhre, welche im unteren Theile a b den Knallsatz, im oberen Theil b c flockige Schießwolle enthält und in welche eine Zündschnur mündet. Durch die Detonation des Knallsatzes wird eine vollständige, augenblickliche Explosion der ganzen Masse erzielt und hierdurch die Wirkung der Explosion bedeutend erhöht.

Comprimirte Schießwolle als nicht direct explodirbarer Sprengstoff muß stets mit einem Detonationszünder entzündet werden. Man füllt zuerst das Bohrloch mit Patronen comprimirter Schießwolle an und setzt oben auf die Zündpatrone. Dieselbe enthält in einer inneren Höhlung die mit Zündschnur versehene Sprengkapsel eingeklemmt.

Mit trefflichem Erfolge hat man die comprimirte Schießwolle zum Sprengen von Granitblöcken und eisernen Platten, sowie zum Zerstören von Mauern und Pallisaden angewendet. Bei den Sprengungen der Wallmauern in Wien wurden cylindrische Schießwollpatronen benutzt, die aus

Digitized by Google

46 Gramm Schießbaumwollfäden auf einen aus dickem Cartonpapier gefertigten hohlen Cylinder von 0·008 Meter Durchmesser und 0·13 Meter Länge gewickelt bestanden.

In England wendet man die Schießwolle als Sprengladung für Hohlgeschosse und Torpedos an. Zur Füllung der Hohlgeschosse wird sie in Streifen oder cylindrische Ringe geschnitten. Während bei angestellten Versuchen mit Schießpulver gefüllte Granaten in höchstens 40 Stücke zersprangen, zersprangen mit Schießwolle gefüllte in 100 bis 120 Stücke.

Die zu Woolwich für die englische Marine gebauten Torpedos erhalten je nach ihren Dimensionen Ladungen von 250, 125 und 50 Kilogr. Schießwolle.

Während in England Leute, wie Abel, die comprimirte Schießwolle für Kriegs- und Friedenszwecke der Sprengtechnik auf's wärmste empfehlen, geben in Oesterreich, dem Lande, wo die Sprengtechnik unstreitig auf höchster Stufe steht, Autoritäten wie Julius Mahler*) diesem Sprengstoff keine Zukunft.

C. Das Sprengöl. Dasselbe gehört zu den nicht direct explodirbaren Explosivstoffen und bot die Entzündung desselben Nobel anfänglich große Schwierigkeiten. Zuerst wendete er mit Nitroglycerin getränktes Schießpulver, später seine Patentzündhütchen (siehe Fig. 28 auf Seite 396) an. Die Entdeckung Nobel's, daß der durch die Explosion des Knallquecksilbers der Zündhütchen erzeugte heftige Stoß im Stande sei, die nicht direct explodirbaren Sprengstoffe leicht und vollständig zur Explosion zu bringen, ist von größter Tragweite für die Sprengtechnik gewesen.

Seit Erfindung des Kieselguhr-Dynamits (1867) sprengt man in Europa nicht mehr mit Sprengöl. Dagegen wird

*) In seiner „Sprengtechnik". 8. Aufl., S. 7.

Digitized by Google

in den Vereinigten Staaten noch viel mit Mowbray'schem Nitroglycerin gesprengt.

Die interessanteste Anwendung hat das flüssige Sprengöl zur Felsensprengung am Hellgate (»Höllenthor«) bei New-York am 24. September 1876 gefunden.*)

Die nördliche Einfahrt in den Hafen von New-York, der sogenannte East-River, welcher durch das der Küste vorliegende Long-Island gebildet wird, war an einer Stelle derart mit Klippen und Felsenriffen besetzt, daß der Verkehr von Schiffen größeren Tonnengehaltes gänzlich unmöglich war. Es wurde nun von Ingenieur A. W. von Schmidt ein Plan entworfen zur Sprengung dieser Felsen und derselbe von dem Chef-Ingenieur General Newton und den Ingenieuren Striedinger und Capitän Mercur ausgeführt.

Zunächst wurde der ganze Grund (ein Flächenraum von 9 Hkt.) unterminirt, das felsige Material herausgeschafft und so unterhalb der Wassersohle ein Raum geschaffen, groß genug, um alle Felsentrümmer zu bergen und den größten Schiffen von 8 Meter Tiefgang genügende Wassertiefe zu geben.

Ein Schacht senkte sich, geschützt von einem mächtigen Kofferdamm, herab, von diesem aus wurden strahlenförmig zehn Stollen in den Felsengrund hineingebohrt. Das Ganze machte den Eindruck eines von Säulen getragenen mächtigen Domes, dessen Decke nur 1 Meter im Maximum stark war, so daß während der Arbeiten das Wasser beständig hindurchsickerte.

Im October 1869 wurde das Riesenwerk begonnen und im Jahre 1876 vollendet. Nicht weniger als 24.000 Kilogr. Nitroglycerin (nebst einer kleineren Menge Dynamit) wurden in 4462 Bohrlöchern verschlossen.

*) Dingler's „Polytechnisches Journal", Band 222, S. 186.

Digitized by Google

Am 24. September, Nachmittags 2 Uhr 50 Minuten wurde der elektrische Strom durch die Zünder gesendet, indem das dreijährige Töchterchen des Ingenieur General Newton auf den Knopf der Elektrisir-Maschine drückte. Eine gewaltige, auf 8 Kilometer hörbare Explosion entstand. Die zahlreichen Zuschauer sahen nur eine schäumende, weiße Wasserwand von 6000—10.000 Quadratmeter Ausdehnung und 18—25 Meter Höhe sich erheben. Gleichzeitig stieg ein mit Rauch, Felsen und Holzstücken vermischter Wasserstrahl über die Wand empor, während ein dumpfer, rollender Donner die ganze Erscheinung abschloß.

D. Die Dynamite Nr. 1, 2, 3 und 4.*) Die Ladung eines Bohrloches geschieht auf folgende Weise: Eine Patrone wird eingeschoben, wenn sie am Boden angelangt ist, mit einem hölzernen Ladestock fest zusammengepreßt, daß die Papierhülle platzt und das plastische Dynamit sich an die Bohrlochssohle und Bohrlochswände anschmiegt; hierauf wird eine zweite Patrone eingebracht, dieselbe ebenfalls zusammengedrückt u. s. f., bis die nöthige Ladungshöhe erreicht ist.

Ein der Bohrlochslänge entsprechendes Stück Zündschnur wird nun an einem Ende senkrecht auf die Längsrichtung scharf abgeschnitten, in ein Zündhütchen so weit eingesteckt, bis sie auf dem Knallsatze desselben aufsitzt, und dann dieses mit einer kleinen Zange oben an die Zündschnur angewürgt, so daß sich die Schnur nicht mehr in dem Hütchen verschieben kann.

Das mit der Zündschnur versehene Zündhütchen wird in das Dynamit einer auf einer Seite geöffneten kleinen

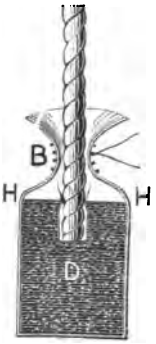
*) Wir verweisen namentlich auf die treffliche Abhandlung in Jul. Mahler's „Sprengtechnik", S. 12—68.

Digitized by Google

Patrone eingedrückt, so daß nur noch ein Theil des Kupferhütchens aus dem Dynamit hervorsieht, und dann der aufgebogene Rand der Papierhülse bei B (siehe Fig. 28) fest an die Zündschnur mittelst eines schmiegsamen Bindfadens gebunden, damit sich das Zündhütchen nicht mehr in dem Dynamit verschieben kann. Eine solche mit Zündhütchen und Zündschnur versehene Patrone wird Zündpatrone genannt.

Die freie Zündschnur darf keinesfalls in das Dynamit hinabreichen, weil bei zu tiefem Versenken des Zündhütchens leicht die Entzündung des Dynamits unmittelbar durch die Zündschnur erfolgt. In letzterem Falle aber explodirt bekanntlich das Dynamit nicht, sondern brennt ruhig aus, was nebenbei noch das Entstehen sehr lästiger Gase zur Folge hat.

Fig. 28.



Die fertige Zündpatrone wird vorsichtig in das Bohrloch hinabgeschoben, bis sie auf der Ladung aufsitzt. Ein Festpressen der Zündpatrone darf nicht stattfinden, da sonst die Kapsel zu tief in das Dynamit eingedrückt wird. Auf die Zündpatrone kommt zuerst die Hälfte des Bohrloches loser Besatz (Bohrmehl, feiner Sand, Erde 2c.), welcher vorsichtig eingebracht werden muß, sodann fester Besatz aus Lehm, welch' letzterer aber nicht geschlagen, sondern nur festgepreßt werden darf.

Gegen Feuchtigkeit, wenn sie nicht zu lange einwirkt, ist Dynamit Nr. 1, 2, 3 und 4 unempfindlich. Bei längerem Liegen in Wasser jedoch scheidet sich aus Dynamit 1 das Nitroglycerin aus; die Dynamite 2, 3 und 4 zeigen das Gleiche, dabei wird überdies der Aufsauger (Salpeter und Holzmehl) unverbrennlich und unexplosibel gemacht.

Digitized by Google

Deshalb verwendet man für Ladungen unter Wasser wasserdichte Patronen und wasserdichte Zündpatronen, oder noch besser, statt obiger Dynamite den in Wasser vollkommen unveränderlichen Cellulose-Dynamit.*) Unter -6 Grad C. erstarrt das Dynamit. Um das Erstarren zu verhüten, bewahrt man das Dynamit in hölzernen Kisten mit doppeltem Boden und Wände, deren Zwischenräume mit Dünger ausgefüllt sind.

Ladet man mit gefrorenem Dynamit, so wählt man als Zündpatrone eine kleine Patrone von Cellulose-Dynamit und bedient sich verstärkter Kapseln. Gefrorenes Dynamit soll nicht im Bohrloch gestoßen werden.

Um gefrorenes Dynamit aufzuthauen, bedient man sich der Dynamit-Wärm-Apparate. Letztere bestehen aus einem Blechgefäß mit doppelten Wänden, einem gut schließenden Deckel und einer Korbhülle. Der innere Raum des Blechgefäßes dient zur Aufnahme von $2^1/_2$ Kg. Dynamit, der äußere Zwischenraum zur Aufnahme von heißem (nicht kochendem!) Wasser. Außerdem hat der Apparat noch einen Deckel zum Zudecken und eine Röhre zum Einfüllen und Ausleeren des Wassers.

Es sei hier noch bemerkt, daß außer den Nobel'schen Dynamiten im Handel vielfach nachgeahmte Dynamite vorkommen. Dieselben sind schlechter und gefährlich zu handhaben, weil in ihnen Nitroglycerin und Aufsaugestoff schlecht gemischt sind. Aus demselben Grunde geben sie bei der Explosion lästige Gase. Es muß deshalb vor diesen Nachahmungen ernstlich gewarnt werden.

---

*) Julius Mahler macht den Vorschlag, an Stelle des Kieselguhr-Dynamits, das gleich starke, im Wasser unveränderliche und in der Kälte leichter explodirbare Cellulose-Dynamit zu verwenden.

Digitized by Google

Die Verwendungen der Dynamite Nr. 1, 2, 3 und 4 sind sehr mannigfaltiger Art.

Am häufigsten — sowohl im Bau- als Bergwesen — verwendet man die Dynamite zu Sprengungen im Gestein. Dynamit Nr. 1 (und ebenso Gelatine- oder Cellulose-Dynamit) sind verwendbar in Gestein höchster Festigkeit und Verspannung, wie solche in Stollen von kleinem Querschnitte vorkommt; bei Quarz, Quarz-Porphyr, sehr festem Basalt, Kieselschiefer und den festesten Gattungen Hornblende.

Dynamit Nr. 2 wird in denselben Gesteinsgattungen, aber bei geringerer Verspannung, wie in Tunnels mit großem Querschnitte angewendet; ferner in allen festen Gesteinsgattungen, wie Urkalk, Gneis und festem Muschelkalk, wenn selbe stark verspannt sind.

Dynamit Nr. 3 braucht man in allen Gesteinsgattungen ohne stärkere Verspannung, in allen festen oder gefrorenen Erdgattungen, als Tegel, Thon und mit Lehm vermengter Schotter und in Kalksteinbrüchen.

Für Riesenminen, in Werksteinbrüchen, dann für Stein- und Braunkohle empfiehlt sich Dynamit Nr. 4.

Bei der Minenanlage im Gestein gelten folgende Hauptregeln:

1. Die Minentiefe (Tiefe des Bohrloches) (= t) soll größer oder mindestens gleich sein der Vorgabe, d. h. der kürzesten Widerstandslinie, d. i. der Entfernung des Minenherdes von der nächsten freien Fläche (Vorgabe = v),

$$t \geqq v; \quad t = 1{\cdot}5\ v.$$

2. Die Ladungshöhe (= h) in einem Bohrloche soll nicht größer sein als höchstens $^2/_3$ der Bohrlochstiefe.

$$h \leqq {}^2/_3\ t.$$

Digitized by Google

3. Die Vorgabe ist das Maß der kürzesten Widerstandslinie.

4. Der Radius des Minentrichters des ausgesprengten Raumes (= r) ist gleich oder kleiner als die Vorgabe:

$$r \leqq v.$$

5. Der Abstand zweier Minen, deren Wirkungen einander unterstützen sollen (= e), ist bei der Einzelzündung gleich der Vorgabe; $e = v$; bei der gleichzeitigen Zündung gleich der doppelten oder wenigstens anderthalbfachen Vorgabe; $e = 2\,v$ oder $e = 1{\cdot}5\,v$.

6. Die Verdämmungslänge (= b) ist entweder gleich der doppelten Ladungshöhe, $b = 2\,h$, oder gleich der Differenz zwischen Minentiefe und Ladungshöhe, $b = t - h$.

Ladungsbestimmungen. Für die Größe der Ladung ist maßgebend hauptsächlich die Länge des Bohrloches und der Vorgabe. Ist die Ladung für eine Vorgabe (durch einen Ingenieur oder Bergbeamten) ermittelt, so verhalten sich die Ladungen für alle anderen Vorgaben bei sonst gleichen Verhältnissen wie die Würfel ihrer Vorgaben:

$$L : L_1 = v^3 : v_1{}^3.$$

Hieraus ist die Lebrun'sche Minenregel gebildet. Dieselbe lautet:

$$L = K \cdot v^3,$$

wobei L diejenige Ladung bezeichnet, welche bei der Vorgabe v zu geben ist. K ist der aus Versuchen ermittelte Widerstands-Coëfficient des zu sprengenden Gesteins.

Die umstehenden Ladungstabellen A und B sind für einzelne Minen, Tabellen C und D für combinirte Minen gerechnet. Tabelle E und F gelten für die Sprengung von freistehenden und von Futtermauern. Tabelle G gilt für Stollenvortrieb und Schachtabteufung.

Digitized by Google

Ladungstabelle A, B, C, D.

v Vorgabe in Metern	t Dazu gehörige Bohrlochstiefe in Metern	L Ladung in Kilogrammen	Anmerkung
A. Für mittelharte Gesteine bei einzelner Anlage.			
0·50	0·75	0·014	Dynamit Nr. 3 oder Nr. 4
0·75	1·10	0·149	
1·00	1·50	0·352	
1·25	2·00	0·688	
1·50	2·25	1·188	
1·75	2·60	1·887	
2·00	3·00	2·816	
2·25	3·40	4·010	
2·50	3·75	5·500	
2·75	4·10	7·320	
3·00	4·50	9·504	
B. Für sehr festes Gestein bei einzelnen Minen.			
0·50	0·75	0·050	Dynamit Nr. 3 oder Nr. 2.
0·75	1·10	0·169	
1·00	1·50	0·400	
1·25	2·00	0·781	
1·50	2·25	1·350	
1·75	2·60	2·144	
2·00	3·00	3·200	
2·25	3·40	4·556	
2·50	3·75	6·250	
2·75	4·10	8·319	
3·00	4·50	10·800	

v Vorgabe in Metern	t Dazu gehörige Bohrlochstiefe in Metern	L Ladung in Kilogrammen	Anmerkung
C. Desgleichen bei mehreren Minen.			
0·50	0·75	0·070	Entfernung der Minen gleich der doppelten Vorgabe. Dynamit Nr. 3 oder Nr. 4.
0·75	1·10	0·236	
1·00	1·50	0·557	
1·25	2·00	1·095	
1·50	2·25	1·887	
1·75	2·60	2·988	
2·00	3·00	4·481	
2·25	3·40	6·367	
2·50	3·75	8·719	
2·75	4·10	11·643	
3·00	4·50	15·092	
D. Desgleichen bei mehreren Minen.			
0·50	0·75	0·080	Entfernung der Minen gleich der doppelten Vorgabe. Dynamit Nr. 3 oder Nr. 2.
0·75	1·10	0·268	
1·00	1·50	0·632	
1·25	2·00	1·244	
1·50	2·25	2·144	
1·75	2·60	3·396	
2·00	3·00	5·092	
2·25	3·40	7·235	
2·50	3·75	9·908	
2·75	4·10	13·230	
3·00	4·50	17.150	

Digitized by Google

Ladungstabelle E.

Freistehende Mauern.

Mauerstärke in Metern	v Vorgabe in Metern	e Entfernung der Minen in Metern	L Ladung in Kilogrammen	Anmerkung.
0·75	0·40	0·60	0·205	Die Ladung wird in kubischen Kästen laborirt
1·00	0·50	0·75	0·400	
1·25	0·60	0·90	0·691	
1·50	0·75	1·10	1·297	Die Verdämmung möglichst fest.
1·75	0·85	1·30	2·035	
2·00	1·00	1·50	3·200	
2·25	1·10	1·70	4·436	Dynamit Nr. 3.
2·50	1·25	1·90	6·401	

e = 1·5 w.

Ladungstabelle F.

Futtermauern.

v Mauerstärke und Vorgabe in Metern	e Entfernung der Minen in Metern	L Ladung in Kilogrammen	Anmerkung.
0·75	1·10	0·743	Die Ladung an der hinteren Mauerflucht in diese versenkt, der Brunnen gut verdämmt.
1·00	1·50	1·760	
1·25	1 90	3·438	
1·50	2·25	5·940	
1·75	2·60	9·433	
2·00	3·00	14 080	Dynamit Nr. 3.
2·25	3·40	20·048	
2·50	3·75	27·500	

e = 1·5 w.

Zum Theile abgeleitet aus den Sprengungen der k. k. Genietruppe.

Digitized by Google

Ladungs-

für Sprengarbeiten in Stollen, Tunnels und Schächten im festen Gestein

Dynamit-Nummer	Elektrische Zündung: Vorgabe = v	Bohrlochstiefe = t: größte	Bohrlochstiefe = t: kleinste	Minenabstand = e: größter	Minenabstand = e: kleinster	Ladungshöhe = h	Bohrlochs-Durchmesser	Ladung = L	Vorgabe = v	Bohrlochstiefe = t: größte	Bohrlochstiefe = t: kleinste	Minenabstand = e: größter	Minenabstand = e: kleinster	Ladungshöhe h	Bohrlochs-Durchmesser	Ladung = L	Anmerkung
	Meter					Cm.	Mm	Dgr.	Meter					Cm.	Mm	Dgr.	
1						2		1·4						32	26	24·6	
2	0·25	0·40	0·25	0·50	0·25	2		1·6	0·65	1·00	0·65	1·30	0·65	31	29	29·1	
3						5		2·9						32	40	52·7	
1						3		2·4						36	26	30·3	
2	0·30	0·45	0·30	0·60	0·30	5		2·8	0·70	1·05	0·70	1·40	0·70	35	30	34·7	
3						10		5·2						32	44	65·0	
1						6		3·9						36	29	37·5	
2	0·35	0·50	0·35	0·70	0·35	7		4·4	0·75	1·10	0·75	1·50	0·75	38	32	42·9	
3						15		8·3						37	46	80·4	
1						8	23	5·6						40	30	45·8	
2	0·40	0·60	0·40	0·80	0·40	11		6·4	0·80	1·20	0·80	1·60	0·80	40	34	52·3	
3			0·42			21		12·1						40	48	98·1	
1						12		8·1						41	32	54·3	
2	0·45	0·65	0·45	0·90	0·45	16		9·3	0·85	1·30	0·85	1·70	0·85	43	36	62·1	
3			0·65			34		17·4			0·95			47	50	116·4	
1						17		11·2						42	35	64·8	
2	0·50	0·75	0·50	1·00	0·50	22		12·8	0·90	1·35	0·90	1·80	0·90	42	40	74·1	
3			0·75			40		24·0			1·10			55	50	139·0	
1						17		14·7						47	36	76·6	
2	0·55	0·80	0·55	1·10	0·55	22		16·8	0·95	1·40	0·95	1·90	0·95	41	44	87·5	
3			0·80			40		31·5			1·30			64	50	164·0	
1						23	26	19·2						50	38	88·5	
2	0·60	0·90	0·60	1·20	0·60	30		21·9	1·00	1·50	1·00	2·00	1·00	48	44	101·2	
3			0·90			60		41·2			1·50			74	50	190·0	

Anmerkung: $L = k\left(v + \frac{2}{3}e\right)^3$ Nr. 1, 2, 3 $k = \begin{cases} 7{\cdot}0, \\ 8{\cdot}0, \\ 15{\cdot}0. \end{cases}$ e v oder 1·5 v; t = v oder 1·5 v.

Digitized by Google

Tabelle G

bei Verwendung von Dynamiten der Firma Maler & Eschenbacher.

Dynamit-Nummer	Schnur-Zündung												Anmerkung
	Vorgabe = v	größte Bohrlochstiefe = t	größte Minenabstand = e	Ladungshöhe = h	Bohrlochs-Durchmesser	Ladung = L	Vorgabe = v	größte Bohrlochstiefe = t	größte Minenabstand = e	Ladungshöhe = h	Bohrlochs-Durchmesser	Ladung = L	
	Meter			Cm.	Mm.	Dgr.	Meter			Cm.	Mm.	Dgr.	
1				2		0·9				18		15·4	
2	0·25	0·30	0·30	2		1·0	0·65	1·00	0·70	24		17·6	
3				3		1·9				48	26	33·0	
1				2		1·5				23		19·2	
2	0·30	0·45	0·35	2		1·7	0·70	1·05	0·75	30		22·3	
3				6		3·2				48	29	41·2	
1				3		2·4				28	26	23·6	
2	0·35	0·50	0·40	4		2·8	0·75	1·10	0·80	36		27·0	
3				10		5·2				48	32	50·6	
1				6	23	3·6				34	26	28·7	
2	0·40	0·60	0·45	7		4·1	0·80	1·20	0·85	35	29	32·8	
3				14		7·7				49	35	61·4	
1				8		5·1				40	26	34·4	
2	0·45	0·65	0·50	10		5·8	0·85	1·30	0·90	42	29	39·3	
3				20		10·9				59	35	73·7	
1				12		7·0				48	26	40·8	
2	0·50	0·75	0·55	13		8·0	0·90	1·35	0·95	50	29	46·7	
3				27		15·0				59	38	87·5	
1				14		9·3				57	26	48·1	
2	0·55	0·80	0·60	18		10·7	0·95	1·40	1·00	59	29	54·9	
3				29	26	20·0				70	38	102·9	
1				18	23	12·1				54	29	56·0	
2	0·60	0·90	0·65	24		13·8	1·00	1·50	1·05	57	32	64·0	
3				38	26	25·9				70	41	120·0	

$L = k\,(v + r)^3$ Nr. 1 } 7·0, $k = 8·0$, $e = v + 5$ Cm.; $t = 1·5\,v$;
" 2 } 15·0, $r = v$.
" 3 }

Digitized by Google

Gewicht bei Ladehöhen von 1 Meter

bei guter Pressung in Bohrminen von folgenden Durchmessern und Dynamiten.

Bohrloch-Durchmesser Millimeter	Meter hoch	Dynamit 1	Dynamit 2	Dynamit 3 und 4	Dynamit Cellulose	Anmerkung	Masse Kubik-Decim.
		Gewichtsmenge in Kilogr.					
23		0·653	0·577	0·540	0·618		0·415
24		711	628	588	673		452
25		772	684	640	731		491
26		835	738	690	790		531
27		900	795	744	853		572
28		967	855	800	915		615
29		1·038	917	858	982		660
30		112	983	919	1·052		707
31		186	1·048	980	122		754
32		261	117	1·045	196		804
33		345	188	112	272		855
34		427	261	179	350		907
35		512	336	249	430		961
36		600	414	322	513		1·017
37		691	494	398	600		075
38		777	571	473	686		133
39		878	660	552	777		194
40		976	746	633	869		256
42		2·179	925	801	2·061		385
44		391	2·113	976	262		520
46		613	309	2·159	472		661
48		846	515	352	692		809
50		3·088	729	552	921		963
55		736	3·301	3·088	3·534		2·375
60		4·436	920	666	4·196		820
65		5·218	4·611	4·312	936		3·317
70		6·051	5·347	5·001	5·724		847
75		935	6·138	741	6·571		4·416
80		7·903	983	6·531	7·476		5·024

Einen Meter

Nr. 1 sind 1 Kubik-Decimeter gleich 1·573 Kilogramm
„ 2 „ 1 „ „ 1·390 „
„ 3 „ 1 „ „ 1·300 „
„ 4 „ 1 „ „ 1·488 „
Cellulose

Digitized by Google

Neuerdings werden die Dynamite immer mehr auch in der Land- und Forstwirthschaft angewendet.

Ueber die Bedeutung der Sprengcultur drückt sich Hofrath Dr. W. Ritter von Hamm,*) der diesem Zweig der Sprengtechnik seine besondere Aufmerksamkeit schenkte, in folgender Weise aus:

»Die Tendenz unseres Ackerbaues richtet sich immer mehr dahin, durch Tiefcultur auch die unteren Schichten der Erdrinde zur Pflanzenernährung heranzuziehen, den Wurzeln ein größeres Bereich an Nahrungsmaterial darzubieten, ihnen die seit Jahrtausenden in den Untergrund gewaschenen Vorräthe an löslichen Salzen zugängig zu machen. Auf diesem Grundsatze beruht das Verfahren des Rigolens, des Untergrundpflügens, der Dampf-Bodencultur. Allein auch mit den gewaltigsten Motoren erreicht man im günstigsten Falle nur eine Bodenvertiefung von 0·66 bis 0·75 Meter, während es doch bekannte Thatsache ist, daß die meisten Nutzpflanzen in geeignetem Boden Wurzeln bis 2 Meter Tiefe aussenden, viele aber, z. B. Klee-Arten, Obstbäume, namentlich der Weinstock sogar bis zu 3 Meter und darüber. Es braucht nicht erwiesen zu werden, daß die junge, zarte Wurzel in gelockertem Erdreich rascher vorwärts dringt, größere Nahrungsgebiete ausnützt, als im Gegentheil; es ist zugleich nicht außer Acht zu lassen, daß der Pflanze die Feuchtigkeit der Tiefe in trockener Jahreszeit zugute kommen wird, sobald nur ihre Wurzeln sie zu erreichen vermögen. Wenn es nun gelingt, durch ein ganz einfaches, für Jedermann ausführbares, keine anderen Apparate, als etwa einen Erdbohrer erforderndes Verfahren den widerspenstigen Boden eines Grundstückes bis in eine Tiefe von 2 bis 3 Meter vollständig

*) In einem Schreiben an Julius Mahler, von diesem mitgetheilt in seiner „Sprengtechnik", 8. Aufl., S. 34.

Digitized by Google

zu lockern, so daß Luft, Feuchtigkeit und Wurzeln überallhin freien Zugang finden, so muß hierdurch ein Bodenzustand erreicht werden, wie er günstiger für den Pflanzenbau nicht gedacht werden kann. Bis heute war man allerdings nicht in der Lage, durch mechanische Mittel ein solches Ziel anzustreben. Durch die Verwendung des Sprengpulvers Dynamit zu diesem Zwecke wird man es aber erreichen können. Das haben mir die Versuche gezeigt, welche ich bisher in dieser Richtung angestellt und veranlaßt habe; ich werde dieselben fortsetzen und in geeigneter Weise darüber eingehend zu berichten nicht versäumen. Jedenfalls glaube ich es schon jetzt aussprechen zu dürfen, daß die »Spreng-Cultur« mittelst Dynamit dereinst eine bedeutende Stellung in der Bodenbearbeitung bei der Landwirthschaft einzunehmen berufen ist ꝛc.«

Man wendet gegenwärtig das Dynamit in der Landwirthschaft an zur Entfernung von Felsbänken, zur Vertiefung für Baumpflanzungen, zur Bodenlockerung auf Tiefen, in die kein Ackergeräthe reicht, sowie zum Rigolen bei Neuanlage von Gärten und Weinbergen.*)

Für forstliche Zwecke wird hauptsächlich Dynamit zur Beseitigung von Wurzelstöcken**) angewendet.

E. Der Lithofracteur.***) Derselbe wird vielfach

*) Näheres über die Anwendung der Dynamite in diesen einzelnen Fällen findet sich in Julius Mahler's „Sprengtechnik", sowie auch in Joh. Lauer's „Spreng- und Zündversuche mit Dynamit und comprimirter Schießwolle", Wien, 1872, angegeben.

**) Vergleiche die Abhandlung „Ueber Stockroden und über die bei Benutzung des Sprengstoffes Dynamit bisher gemachten Erfahrungen" im „Handelsblatt für Walderzeugnisse" 1877, Nr. 30 bis Nr. 47.

***) Siehe auch hierüber die Broschüre „Lithofracteur, manufactured by Krebs, Brothers and Company. Instructions for its Transport, Storage and use, together with certificates and reports upon its safety and power." Cologne 1873.

Digitized by Google

zu Gesteinssprengungen im Sandstein, Trachyt, Quarz, Basalt, zu Sprengungen von Eis und Eisen, sowie unter Wasser verwendet.

Für militärische Zwecke (zum Sprengen von Pallisaden, zum Füllen von Torpedos und Seeminen) scheint derselbe sich trefflich zu eignen und in dieser Hinsicht noch eine Zukunft zu haben.

Zahlreiche Sprengversuche wurden mit Lithofracteur ausgeführt und in Broschüren ꝛc. beschrieben. Wir erwähnen hiervon die am 20. Februar 1872 in den Kalksteinbrüchen zu Nantmawr nahe bei Shrewsbury in England stattgehabten Versuche.*) Letztere waren im Auftrage des Staatssecretärs und auf Veranlassung der Firma Gebr. Krebs & Comp. in Köln, welche die englische Regierung um die Erlaubniß der Einführung ihres Lithofracteurs gebeten hatte, unternommen worden. Es zeigte sich bei dieser Gelegenheit die relativ große Gefahrlosigkeit, welche mit dem Gebrauche und der Handhabung des Lithofracteur verbunden ist.

Einige Patronen wurden auf einem hölzernen Blocke mit einem hölzernen Schlägel zerschlagen mit dem einzigen Resultat, daß der Inhalt herumgeschmiert und in die Narben des Holzes eingetrieben wurde.

Ferner ließ man einen Steinblock von einer Höhe von 7 Fuß 6 Zoll auf eine Patrone fallen, welche auf einer Eisenplatte lag; dann wurde eine Patrone auf der Eisenplatte durch ein 32pfündiges Rundgeschoß, welches man wiederholt von derselben Höhe fallen ließ, vollständig zermalmt, ohne daß der Lithofracteur explodirte.

Ferner wurde eine starke Holzkiste, 5 Pfund von den Patronen enthaltend, von der Höhe des Steinbruches auf den felsigen Boden (eine senkrechte Entfernung von 150 Fuß)

*) Bericht der „Times" vom 26. Februar 1872.

Digitized by Google

geworfen. Die Kiste war zertrümmert und einige der Patronen herausgeschleudert, aber keine Explosion erfolgte.

Sodann wurden 5 Pfund Lithofracteur mittelst einer einfachen Zündschnur ohne Zündhütchen in einer geschlossenen Kiste ruhig abgebrannt.

Die große Wirksamkeit des Lithofracteur beim Sprengen von Pallisaden wurde durch folgenden Versuch illustrirt. Es wurde eine doppelte Pallisadenreihe hergestellt, deren Frontreihe aus 21 Stämmen bestand. Sie stellte eine Vorderfläche von 19 Fuß Breite und 7 Fuß 6 Zoll Höhe vor, während die 7 Fuß entfernte hintere Pallisadenreihe 13 Fuß Breite und eine gleiche Höhe maß. Am Fuße der Frontreihe wurden zwei Zinkröhren gelegt, jede 11 Fuß in der Länge und $4^1/_2$ Zoll im Durchmesser, und jede mit 75 Pfund Lithofracteur geladen. Die Röhren waren in der Mitte nicht zusammen befestigt, sondern einfach Ende an Ende zusammengelegt. Eine mit einem Zündhütchen versehene Zündschnur war am Punkte der Vereinigung eingesetzt. Die Ladung war eingerichtet, um die Pallisaden gegen den Feind zu werfen und die angreifende Partei in den Stand zu setzen, vor der Explosion geschützt, unten in die Gräben vorzugehen.

Nachdem die Zündschnur angezündet war, zog sich der arbeitende Theil in den Hintergrund zurück und einige Minuten später wurde eine fürchterliche Explosion sowohl gehört als gefühlt. Stücke der Pallisadenreihe, mit Erde und Steinen vermischt, flogen hoch in die Luft und wurden rundum nach allen Richtungen, wo die Explosion vorkam, geschleudert. Ein großes Stück einer Schwelle, 6 Fuß lang, wurde 182 Fuß im Hintergrunde der Pallisadenreihe gefunden, während andere kleine Stücke in einer weit größeren Entfernung gesammelt wurden. Die Explosion wurde in Shrewsbury, eine Entfernung von 22 Meilen, deutlich gehört.

Digitized by Google

Die nützlichste Wirkung in militärischer Hinsicht war, daß die Palliſadenreihe in Splittern gegen den Feind geworfen wurde, und die Herſtellung eines Kraters 24 Fuß lang, 9 Fuß kreuzweiſe an dem breiteſten Theil, und 2 Fuß 7 Zoll tief. Die Erde war unter dem Boden des Kraters bis zu einer abgeſchätzten Tiefe von 12 Fuß gelockert und zeigte die Leichtigkeit für die raſche Herſtellung eines Laufgrabens.

Aehnliche Verſuche*) wurden am 15. October 1872 auf Veranlaſſung der belgiſchen Regierung zur Conſtatirung der Sicherheit und Ungefährlichkeit des Lithofracteur in den Steinbrüchen zu Quenaſt (in der Nähe von Brüſſel) angeſtellt. Beſonders intereſſant waren auch hier wieder die Palliſaden-Sprengungen, ſowie die Sprengungen von bombenfeſten Magazinen. Letztere wurden durch einen Bau von 9 Stück 10 Fuß langen Eiſenbahnſchienen hergeſtellt. Alle Schienen fanden ſich nach der Exploſion durchgeſchlagen.

Die Sprengverſuche im Erdboden, ſogar im feſten blauen Thon, haben gezeigt, daß hier die Wirkung des Lithofracteur eine ſchwache iſt und dem Pulver in jeder Beziehung nachſteht.

Hauptmann von Kleiſt**) faßt ſeine mit Lithofracteur gemachten Erfahrungen dahin zuſammen, daß es zum Sprengen von Holz, Stein- und Eiſenmaſſen kaum ein beſſeres Sprengmaterial gegenwärtig giebt und daß dasſelbe in jeder Hinſicht dem Pulver vorzuziehen iſt. Die beſte und praktiſchſte Verwendung des Lithofracteur dürfte in ſehr feſt

*) Bericht der „Times" vom 19. October 1872.

**) „Bericht über die ſeitens der 4. Compagnie des Pommerſchen Pionnier-Bataillons Nr. 2 ausgeführten Sprengverſuche mit Lithofracteur im Laufe des Sommers 1872" vom Compagnie-Commandeur Hauptmann von Kleiſt.

Digitized by Google

eingeschlossenen Büchsen von Blech und anderen festen Materialien geschehen.

Die Manipulationen mit demselben, der Transport, das Laden, Anbringen der Ladungen, selbst der Transport fertiger Ladungen mit bereits eingesetzten elektrischen Zündern erscheinen weniger gefahrvoll als mit Pulver. Seine Anwendung über und unter Wasser beim Sprengen von Brücken, Mauern u. s. w. kann schnell und ohne die zeitraubenden Vorarbeiten, welche Pulverladungen erfordern, geschehen, und seine Leistung beträgt je nach der Beschaffenheit seines Einschlusses das Fünf- bis Achtfache des Pulvers.

Die Fabrikanten dieses Sprengstoffes legen ein großes Gewicht bei seiner Anwendung darauf, daß die Ladungen hart an den Sprengobjecten anliegen. Diese Anwendung hat sich freilich in der Praxis überall mit Erfolg bewährt. Andererseits aber zeigen die weitgehenden Risse der zerstörten Mauern, daß die Gase, welche der Lithofracteur entwickelt, wenn er in einer kurzen und im Durchmesser starken Masse verwendet wird, eine weitreichende und immer noch vollkommen zerstörende Wirkung ausüben.

Digitized by Google

Anhang.

Die submarine Sprengtechnik oder die Torpedos und Seeminen.*)

1. Allgemeines. Die submarinen Sprengkörper werden eingetheilt in Seeminen und Torpedos.

*) Wagner's „Jahresbericht" 1870, S. 220; 1871, S. 306 und 321; 1872, S. 303; 1877, S. 405; Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 220, S. 93; „Journal of the Society of Telegraph Engineers" 1875, vol. III, S. 32 und 54 (hieraus in Dingler's „Polytechn. Journ." Band 215, S. 259); „Submarine Warfare offensive and defensive by Barner, New-York 1869"; „Die Waffen des Seekrieges und ihre Verwendung" in „Unsere Zeit", Band 12; „Lecture on the Whitehead Torpedoes." Barber, Washington 1875; „Lecture on submarine boats", Barber 1875; „Sperrungen und Torpedos." Mai. Berlin 1869; „Lecture on movable Torpedoes", Barber 1875; „Barages et Torpilles sous-marines", Chauvinière, Paris 1869; „Die Torpedos" von einem Ingenieur-Officier, 1868; „Les explosions au sein de l'eau" und „Etudes sur les effets des explosions sous-marines". Revue maritime, Paris 1877; „Die Torpedos im russisch-türkischen Kriege, Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens." W. Pola, 1875—78; „Leipziger Illustrirte Zeitung" 1877, Nr. 1773; „Explosive Nitrilverbindungen" von Isidor Traubl, Wien 1870; Engineering, London 1877—78; Iron, London 1877—78; „Die Torpedos und Seeminen in ihrer historischen Entwicklung bis auf die neueste Zeit." Berlin, 1878.

Digitized by Google

Die Seeminen sind Behälter aus Holz oder Metall von verschiedener Form, mit (Schießpulver), Schießwolle, Dynamit, Lithofracteur oder einem sonstigen Sprengstoff gefüllt, und mit einer möglichst empfindlichen und unfehlbaren Zündvorrichtung versehen. Der Zweck der Seeminen ist, in Häfen, Buchten, Flußmündungen das Fahrwasser zu sperren. Sie sind entweder an Verpfählungen im Wasser angebracht oder an Ketten und Drähten aufgehängt oder an Anker befestigt und durch Flügelfortsätze und andere Hilfsmittel schwimmend erhalten.

Ihre Entzündung erfolgt durch Elektricität oder durch Selbstzündung (durch eine Art Uhrwerk, oder durch angebrachte Percussions- oder Concussions-Zündung, d. h. durch Vorrichtungen, welche durch einen Stoß von außen augenblickliche Explosion veranlassen).

Die Torpedos (dieses dem Spanischen entlehnte Wort bedeutet so viel als elektrischer Zitterrochen) vertreten gewissermaßen die früheren »Brander«. Die Torpedos sind im Gegensatze zu den Seeminen beweglich. Die Bewegung wird entweder dem Zufall überlassen, wie bei den treibenden aus verpichten Bierfässern gebildeten »Faß-Torpedos«, oder sie wird dem selbststeuernden Torpedo in ganz bestimmter Richtung ertheilt, wie bei dem Whitehead- oder Fisch-Torpedo.

Früher bezeichnete man mit dem Ausdruck »Torpedo« alle jene Körper, welche festliegend oder schwimmend, durch Stoß, Schlag oder andere Kräfte veranlaßt, im Wasser zur Sprengung gebracht werden und welche durch diese Sprengwirkung Schiffe, schwimmende Batterien u. s. w. versenken oder beschädigen sollen. Man nannte also die Seeminen ebenfalls »Torpedos« und auch heute noch gebraucht man häufig letzteres Wort für beide Arten submariner Sprengkörper.

Digitized by Google

Die Wichtigkeit eines gut angelegten Systems von Seeminen als Vertheidigung gegen die Annäherung eines Feindes zur See oder zu Lande ist jetzt allgemein anerkannt. Sind solche Minen gut hergestellt und versenkt, sowie der Hand eines geschickten Mannes anvertraut, so sind gezogene Kanonen und Panzerschiffe gegen sie machtlos.

In diesem Sinne spricht sich schon der 1865 erschienene Bericht des Flottensecretärs der Vereinigten Staaten aus. Damals war der amerikanische Bürgerkrieg eben beendet und in diesem waren die Torpedos und Seeminen zum erstenmale in größerem Maßstabe von Seiten der Conföderirten zur Verwendung gelangt.

»Dieses moderne Kriegssystem,« heißt es in erwähntem Berichte, »ist billig in seiner Herstellung, von bedeutender Kraft, zuverlässig in seinen Arbeiten, verwüstend in seinen Wirkungen und gewährt der Vertheidigung volle Sicherheit.

»Mit einem Aufwande einiger tausend Dollars wird der Angriff des größten Schiffes mit seinen schweren Geschützen und seiner tapferen Besatzung gelähmt, dessen Ausrüstung viele Hunderttausende kostete.«

Als Beleg hierfür dürfte die Vertheidigung des Wasserzuganges zu Richmond im amerikanischen Bürgerkriege von Seiten der Conföderirten gegen die Bundesflotte unter Lee dienen. Mittelst einer einzigen im Stromstriche des James-River versenkten Seemine wurde die Bundesflotte in Schach gehalten.

Die Seeminen, welche Deutschland an den Eingängen der Häfen, sowie an den Mündungen der Weser und Elbe im Jahre 1870 gelegt hatte, hielten die starke französische Flotte von jedem Landungsversuche ab.

Dem Legen einiger weniger Seeminen haben die Russen im Jahre 1877 das Forciren des Donau-Ueberganges zu

Digitized by Google

verdanken. Die localen Verhältnisse der Donau, ein breiter, stark fließender Strom, mit einer Bewachung, die sich aus einer größeren Anzahl türkischer Panzer- und Holz-Kriegsschiffe zusammensetzte, daneben ein Ufer, welches von türkischen Truppen und Batterien occupirt war, machten einen Uebergang der Russen zu einem sehr gewagten Unternehmen. Jedoch das Legen von einigen Contactminen oberhalb und unterhalb des beabsichtigten Ueberganges genügte, um die übersetzenden Truppen vor den Angriffen der türkischen Donauflotille zu schützen.

Geschichte der Torpedos und Seeminen. Der Amerikaner David Bushnell (geboren 1742) war der Erste, der ein unterseeisches Torpedoboot construirte. Aeußerlich glich dasselbe einer großen Schildkröte und gewährte das Boot im Innern einem Manne, dem Führer desselben, hinreichenden Platz und die nothwendige Luft. Durch Drehen einer Schraube, welches sich mit der Hand oder den Füßen bewerkstelligen ließ, wurde das Boot bewegt; durch eine ähnliche schraubenähnliche Vorrichtung konnte man es unter Wasser sinken oder steigen lassen. Die Beleuchtung im Innern für den Compaß, Manometer u. s. w. geschah von außen durch Phosphorlichte. Der Schraube gegenüber war ein Steuerruder angebracht.

Am vorderen Ende des Bootes war eine Holzschraube angebracht, welche von dem Innern des Bootes aus gedreht werden konnte und an welcher der Behälter mit der Sprengladung hing. Die Holzschraube sollte in den Boden des feindlichen Schiffes hineingebohrt und die Schießpulverladung nach einer bestimmten Zeit durch ein Schlagwerk (nach Art der berüchtigten Thomas-Uhren) zur Explosion gebracht werden.

Digitized by Google

Das Boot wurde, jedoch ohne Erfolg, gegen englische Schiffe angewendet.

Im Jahre 1797 trug Robert Foulton der französischen Regierung ähnliche Ideen, wie die von Bushnell verfolgten, vor. Der Admiral Dacret aber, dem er seine Projecte mittheilte, wies ihn mit den Worten ab, daß solche Kriegskünste, wie er sie vorhabe, wohl für Korsaren, aber nicht für Seeleute passend seien.

Hierdurch jedoch nicht abgeschreckt, wandte sich Foulton im selben Jahre noch an Napoleon I., der ihm ein ausrangirtes Schiff zur Verfügung stellte, welches Foulton mittelst eines Torpedos von 20 Pfund Schießpulverladung zum Sinken brachte.

Foulton wandte sich später mit seinen Projecten nach England und dann nach Amerika. Er schlug der amerikanischen Regierung vor, zum Schutze ihrer Küsten 650 Torpedoboote, 1400 Anker-Torpedos und 1300 Schlagwerk-Torpedos zu erbauen. Dieselben sollten nach seiner Aufstellung 536.000 Dollars kosten, während die Kosten einer großen Fregatte allein damals sich auf 400.000 Dollars beliefen.

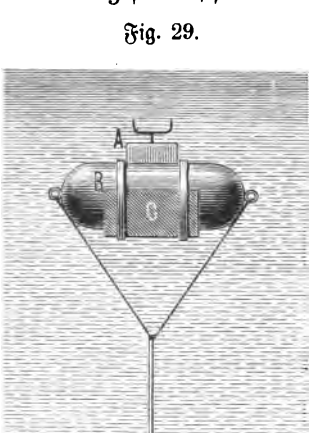
Ganz hingerissen von seinem ihn Tag und Nacht beschäftigenden Gegenstande, schrieb er damals das Epoche machende Werk „Torpedo warfare“, worin er den Ausspruch that: „The liberty of the seas will be the happiness of the earth“ (»die Freiheit der See — welche er eben durch seine Torpedo-Kriegführung herbeiführen wollte — wird das Glück der Erde werden«).

Die Foulton'sche verankerte Seemine war ein Contact-Torpedo. Der ganze Zünder-Mechanismus war einem Gewehre nicht unähnlich, dessen Hahn durch das darüber hinwegfahrende Schiff abgedrückt wurde. B (siehe

Digitized by Google

Fig. 29) ist ein kupfernes Gefäß von zwei Fuß Länge und zwölf Zoll Durchmesser, welches 100 Pfund Pulver fassen kann. A ist eine Messingbüchse, welche den dem Gewehrschloß ähnlichen Mechanismus enthält. Der Lauf, der wie ein Gewehr geladen werden kann, ist zwei Zoll lang und in das kupferne Gefäß B eingeschroben. Durch den Drücker wird das Abfeuern veranlaßt. C ist eine Büchse, welche mit Kork gefüllt ist, um dem Torpedo den nöthigen Auftrieb nach oben zu geben, damit das stoßende Schiff den Widerstand dieses Auftriebes zu überwinden hat.

Fig. 29.



Wiederholte verfehlte Versuche, die Foulton mit seinen Torpedos in Amerika anstellte, brachten seine Erfindungen jedoch bald in Mißcredit.

Am 4. Juni 1842 wurde von Colt im Hafen von New-York zum erstenmale die elektrische Zündung für Torpedos angewendet. Er sprengte mittelst eines durch eine galvanische Batterie entzündeten Torpedos ein altes Kanonenboot.

Zur Zeit des Krim-Krieges hatten die Russen eine große Zahl von Seeminen vor Kronstadt gelegt, welche von Professor Jacobi erfunden worden waren. Es waren dies meist »Contact-Minen«, welche eine Pulverladung enthielten, die durch eine beim Anstoßen eines Schiffes ausfließende Säure entzündet wurden (»chemische Zündung«). Aus der mit Pulver gefüllten Büchse ragten mehrere Glasröhren hervor,

Digitized by Google

die mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt waren; zerbrach man diese Röhren, so ergoß sich die Schwefelsäure in eine Mischung von chlorsaurem Kali und Zucker und entzündete so die Ladung. Auch elektrische Minen hatten die Russen gelegt. Dieselben kamen jedoch ebensowenig wie die Contactminen zur Verwendung.

Als im Jahre 1859 der italienische Krieg ausbrach, ließ Oesterreich durch den damaligen Officier im Genie-Stabe, Baron von Ebner, seine adriatische Küste mit Torpedos schützen. Baron von Ebner erfand eine neue Art von Torpedos. War auch der bisher angewendete »Contact-Torpedo«, welcher sich durch den ihm von feindlichen Schiffe ertheilten Stoß entzündete, ein ganz wirksames Mittel, um die Häfen und Flußmündungen zu sperren, so war diese Sperre doch ebensogut für den Freund wie den Feind vorhanden. Es galt also Seeminen zu erfinden, welche erst dann explodirten, wenn es im Willen der beobachtenden Officiere am Lande lag, dies eintreten zu lassen.

Diesen Zweck erreichte Baron von Ebner vollständig mit seinen »Beobachtungs-Minen«.*) Dieselben wurden auf die folgende sinnreiche Weise gezündet. An einem geschützten Orte auf dem Lande befand sich eine »Camera obscura«; sie enthielt einen Tisch, der auf einer matten Glastafel ein vollkommen getreues Bild des zu schützenden Hafens trug. Beim Versenken der Minen ließ man das reflectirte Bild des Hafens, welches mit dem andern correspondirte, durch eine Sammellinse, die als Fenster diente, auf jenen Tisch fallen und verzeichnete den Punkt genau, an welchem draußen eine Mine versenkt wurde.

*) „Die Torpedos und Seeminen in ihrer historischen Entwickelung bis auf die neueste Zeit.“ Berlin, 1878, S. 13.

Digitized by Google

Von jeder Mine führte ein isolirter Leitungsdraht nach der Station an Bord, während von beiden Seiten Wasser, beziehungsweise Land als Rückleitung eingeschaltet wurde. Der Tisch enthielt eine starke galvanische Batterie, in welche die Drähte mündeten.

Durch Druck einer Taste war der Beobachter nun im Stande, für jeden einzelnen Draht, also auch für jede einzelne Mine, den Strom zu schließen, und so die Mine selbst im geeignet scheinenden Momente zur Explosion zu bringen. Bewegte sich nun ein Schiff im Hafen oder auf der Rhede, so konnte erstens der Beobachter das Schiff selbst sich besehen, ferner sah er dessen Bild sich auf dem Plane spiegeln.

Passirte das Schiff eine der Minen, d. h. einen der auf dem Tische befindlichen Punkte, so stand es dem Beobachter anheim, durch eine Art von Claviatur den Schluß in der Batterie herzustellen oder nicht.

Diese »Beobachtungs-Minen« kamen indessen ebensowenig zur Wirkung, wie die russischen Contactminen vor Kronstadt. Jedoch wurden sie von den anderen Staaten allgemein in der Folgezeit adoptirt und haben nicht wenig zum Aufschwung der submarinen Sprengtechnik beigetragen.

Die erste allgemeinere Anwendung fanden die Seeminen und Torpedos im amerikanischen Bürgerkriege. Im October 1862 errichtete der Congreß der Südstaaten das erste dienstliche »Torpedo-Corps«. Der Sitz desselben mit dem dazu gehörigen Constructions-Bureau war in Richmond. Aus diesem Bureau ging eine große Anzahl mehr oder weniger sinnreich entworfener Torpedos und Seeminen hervor.

Theils brachte man die Minen auf in engem Fahrwasser geschlagenen starken Balkengerüsten an (»Gerüstminen«.

Digitized by Google

auch »Rahmenminen« genannt), theils lud man innen und außen verpichte Bierfässer mit 40—60 Kilogr. Pulver und ließ dieselben gegen die feindlichen Schiffe los (treibende Torpedos), theils wurden die Minen elektrisch gezündet, theils endlich hatte man besondere Torpedoboote construirt, deren Besatzung aus etwa fünf Mann und deren Sprengladung aus etwa 30—75 Kilogr. Pulver bestand. Letztere wurde von der Bemannung des Bootes des Nachts an dem feindlichen Schiffe mittelst 20 bis 30 Fuß langer, aus dem Boote herausragender Stangen angebracht (Offensiv-Torpedos). Sowohl die Rahmenminen, als die treibenden und Offensiv-Torpedos hatten chemische, durch Contact wirkende Zünder.

Im Ganzen wurden durch die Minen und Torpedos der Conföderirten, ausschließlich der Offensiv-Torpedos, 7 Monitors und 11 Holzkriegsschiffe der Nordstaaten total zerstört, sieben weitere Schiffe und Monitors wurden für längere Zeit durch erhaltene Havarien außer Thätigkeit gesetzt.

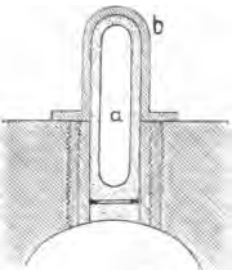
Im Jahre 1864 verstärkten die Dänen die Vertheidigungsanstalten der Küsten von Alsen und Fühnen durch Minen. Die größeren Wasserminen an der Küste Fühnens sollten durch Elektricität entzündet werden; gegen den Brückenschlag und die Bootslandungen im Alsensunde aber war ein System der Zündung durch den Stoß des Fahrzeuges adoptirt. Die Torpedos waren in Abständen von 6 bis 12 Fuß von einander, längs des Ufers in 3 bis 6 Fuß Wassertiefe versenkt und durch angebundene Steine auf der Stelle gehalten. Die Zündung wurde durch den Bruch einer Glasröhre veranlaßt, welche bei niedrigem Wasserstande über die Oberfläche hervorragte. Die Zündmasse der dänischen Minen bestand aus Kaliumkügelchen, welche durch den Anstoß eines Fahrzeuges mit dem Seewasser in Verbindung traten. Oder

man wendete auch den sogenannten Jakobi'schen Zünder an (siehe Fig. 30).

Derselbe besteht aus der Glasröhre a, welche concentrirte Schwefelsäure oder Salpetersäure enthält. Um diese Glasröhre herum liegt der aus chlorsaurem Kali und Zucker bestehende Zündsatz. Der letztere steht mit der Minenladung in Verbindung und ist durch die Bleiröhre b wasserdicht abgeschlossen.

Stößt nun ein Schiff auf einen derartigen Jakobischen Zünder, so giebt die weiche Bleiröhre nach, wird umgebogen und bricht in Folge dessen die Glasröhre entzwei. Die concentrirte Säure aus letzterer ergießt sich in den Zündsatz, entzündet diesen und dadurch auch die ganze Minenladung.

Fig. 30.



Im Jahre 1866 schützte der österreichische Oberstlieutenant Baron v. Ebner die Häfen der istrisch-dalmatinischen Küste durch eine große Zahl sehr wirksamer Torpedos vor Ueberfällen der italienischen Panzerflotte.

In dem sechsjährigen Kriege zwischen Paraguay einerseits und Brasilien, der Argentinischen Republik und Uruguay andererseits fanden Contact-Torpedos mit chemischen Zündern vielfach Anwendung. Paraguay hatte über 300 solcher Torpedos gelegt, welche vier Jahre lang die große brasilianische Flotte und Armee im Vormarsche aufhielten.

Der Torpedos, welche im Jahre 1870 die deutsche Küste vor den Ladungsversuchen der französischen Flotte schützten, ist bereits gedacht werden.

Die letzte ausgedehntere Anwendung fanden die Torpedos im russisch-türkischen Kriege in der Donau und bei

Digitized by Google

Batum. Im Ganzen wurden neun Angriffe von den Russen unternommen, wovon drei vollkommen gelangen. Die Opfer waren ein kleiner Monitor und zwei noch kleinere Dampfer. Zweimal wurden die Gegner, größere Panzerfahrzeuge, beschädigt und viermal war der Angriff fehlgeschlagen.

Im Großen und Ganzen kann man also wohl sagen, daß die Torpedos und Seeminen bisher am wirksamsten und im größten Maßstabe im amerikanischen Bürgerkriege angewendet wurden.

Die Hoffnung der Artillerie-Techniker, daß der russisch-türkische Krieg oder der eine Zeit lang drohende englisch-russische Krieg diese neue Waffe und die zahlreichen Verbesserungen, welche sie seit dem amerikanischen Bürgerkriege erfahren hat, erproben würde, hat sich also nicht erfüllt. Der Menschheit sind Tausende von Menschenleben und Millionen an Werth erhalten geblieben, während die Kriegswissenschaft allerdings um die gehofften reichen praktischen Erfahrungen gekommen ist.

Die neueren Verbesserungen an den Torpedos und Seeminen bestehen darin, daß man nicht mehr mit Pulver, sondern mit Schießwolle und Dynamit ladet. Außerdem verwendet man auf den wasserdichten Abschluß der einzelnen Gefäße, auf die Isolirung der leitenden Theile u. s. w. größere Sorgfalt.

Fast alle Staaten benützen jetzt zum Sperren der Fahrwasser die »Beobachtungsminen«. Man richtet sie meist so ein, daß der an Land hergestellte Schluß der Batterie erst durch den Anstoß des Schiffes gegen die Mine wirksam wird.

Entzünden sich die Beobachtungsminen nicht durch den Schluß, den passirende Schiffe selbst in der Leitung hervorriefen, so ist es nothwendig, für jede Mine die entsprechende

Digitized by Google

Beobachtung des Passirens zu machen. Dies geschieht mit Hilfe der elektrischen Distanzmesser.*) Der elektrische Stromkreis zur Entzündung kann nicht früher geschlossen werden, als bis die das Schiff verfolgenden Fernrohre beider Beobachtungs-Stationen unter demselben Winkel gegen die Beobachtungs-Basis stehen, unter welchem der betreffende Torpedo liegt.

Wir geben schließlich noch eine Uebersicht über einige Torpedos, welche in neuester Zeit gebräuchlich sind oder vorgeschlagen wurden. Sehr viele der vorgeschlagenen Torpedo-Constructionen haben sich als unbrauchbar herausgestellt, und auch jetzt kann nicht vorausgesagt werden, ob z. B. der Whitehead'sche Fisch-Torpedo die in ihn gesetzten Erwartungen im Ernstfalle erfüllen wird. Das Bestreben jedes größeren Staates, der über eine Flotte gebietet, geht heute dahin, die Torpedos als wirksame Angriffswaffe auszubilden.

1. Der Harvey- oder Schlepp-Torpedo.**) Derselbe wurde vor etwa 10 Jahren von den Gebrüdern Harvey, Capitäne in der englischen Marine, erfunden.

An einem kupfernen Gefäß, welches zur Verhütung äußerlicher Beschädigungen mit Holz verkleidet ist, befinden sich mehrere kleine Leinen, welche in einem Ringe zusammenlaufen, durch welchen man eine Schleppleine scheert, diese wird hinter dem Ringe mit einem Knoten versehen, dann weiter geführt und an mehreren Bojen befestigt, welche, wenn die Schleppleine in der Bucht hängt, d. h. etwas lose ist, verhindert, daß der Torpedo auf den Grund sinkt; schneidet man aber die Schleppleine an Bord ab, so kann

*) „Zeitschrift für Mathematik und Physik" 1873, S. 433.

**) „Die Torpedos und Seeminen in ihrer historischen Entwickelung bis auf die neueste Zeit", S. 61.

Digitized by Google

der Torpedo sich, niedersinkend, von der Leine befreien und unschädlich verschwinden.

Will man den Schlepp-Torpedo gebrauchen, so legt man Schlepp- und Sicherheitsleinen auf der betreffenden Schiffsseite um zwei starke Rollen, die ein Abstoppen und Losgeben der Leinen leicht gestatten, hängt den Torpedo, an den man beide Leinen befestigt hat, an einer Spiere außenbords und läßt ihn während der Fahrt so weit ab, daß er ganz frei vom Schiff ist. Sobald man die Schleppleine festhält, taucht der Torpedo auf und scheert vermöge der Art seiner Befestigung vom Schiffe ab, und je schneller, desto größer die Fahrt des Schiffes ist. Bei einer Fahrt von 10 Seemeilen kommt er bis beinahe querschiffs auf, sackt aber nach achtern und sinkt, sowie man die Schleppleine laufen läßt. Er steigt indessen sofort wieder, sowie man die Leine belegt hält. Auf dieser Erscheinung beruht der gefechtsmäßige Gebrauch des Harvey-Torpedo.

Da man ihn auf dem Wasser beobachten kann, wenn er sich und wie er sich dem Gegner, an den man herandampft, nähert, so zieht man den Sicherheitsstift, sobald man den Torpedo dicht beim Feinde glaubt, heraus und lockert zugleich die Schleppleine, der Torpedo sinkt dann dicht beim Gegner unter. Ein Festhalten der Schleppleine läßt ihn wieder emporschnellen und gegen den feindlichen Schiffsboden stoßen, wo nunmehr die Explosion erfolgt.

Die Entfernung, in die man einen Harvey-Torpedo bei einer Fahrt des Schiffes von 10 bis 12 Seemeilen ausscheeren lassen kann, ist gegen 200 M. Vermindert sich aber die Schiffsgeschwindigkeit unter 5 oder 6 Seemeilen per Stunde, so wird die Waffe eine im höchsten Grade unzuverlässige.

Digitized by Google

2. Der Torpedo von Lay*) ist im Jahre 1872 erfunden worden. Er wird aus Kesselblech hergestellt, hat ein Totalgewicht von 2000 Kilogr. und die Form eines Körpers, welcher durch die Drehung eines Bogens um seine Sehne entstanden ist. Sein Preis ist in Folge der zahlreichen feinen Apparate, die der Lay'sche Torpedo in sich birgt, sehr hoch (45.000 Mark), seine Brauchbarkeit trotz der höchst sinnreichen Construction zweifelhaft.

Am Ufer befindet sich eine aus vier Bunsen'schen Elementen bestehende Batterie. Zwei ähnliche Batterien befinden sich im Innern des Torpedos. Der galvanische Strom der Uferbatterien dient nur zum Schließen und Unterbrechen des Stromes der Torpedo-Batterien.

Der Torpedo enthält ferner in einem besonderen Raum Reservoirs, welche mit flüssiger Kohlensäure gefüllt sind. Die verdampfende Kohlensäure dient zum Betriebe der Maschine. Indem man nämlich den elektrischen Strom durch Elektromagnete leitet, erhält man eine Kraft, die genügend ist, um die Hähne, durch welche das Kohlensäuregas aus den Reservoirs zu der Maschine und zu dem Steuerapparate Zutritt erhält, zu öffnen und zu schließen.

In einem besonderen Raum des Torpedos ist eine Spule angebracht, auf welche das elektrische Drahtkabel aufgewunden wird; die Länge desselben beträgt zwei Seemeilen. Wenn der Torpedo in Fahrt ist, läuft das Kabel durch eine am Boden befindliche Oeffnung von selbst ab.

Der Lay'sche Torpedo ist ebenso sinnreich construirt, als unbrauchbar für den Ernstfall. Um seiner Bewegung folgen zu können, trägt er an jedem Ende zwei aus dem Wasser hervorragende Stöcke, bei Nachtangriffen werden auf

*) „Die Torpedos und Seeminen", S. 63.

Digitized by Google

die Stöcke dem Feinde nicht sichtbare Laternen gesteckt. Da diese Stöcke aber ebensogut dem Feinde auch sichtbar sind, ist es demselben leicht, den Torpedo abzufassen oder das Kabel durchzuschneiden.

Bis jetzt wurde der Lay'sche Torpedo nur von der ägyptischen Regierung angeschafft.

3. Der Torpedo von Ericsson.*) Derselbe ist etwa so alt als der Lay'sche Torpedo. Durch ein biegsames Rohr (Schlauch) wird dem Torpedo vom Lande aus fortwährend comprimirte Luft zugeführt und dessen Maschine hierdurch getrieben. Auch das Torpedosteuer wird (durch Verminderung oder Vermehrung des Luftzutrittes) vom Lande aus gesteuert. Durch Schluß eines Ventils kommt der Torpedo zum Stehen und kann mit dem Kabel zurückgezogen werden.

Der Torpedo von Ericsson ist ebenso unbrauchbar für den Ernstfall als der Lay'sche Torpedo. Neuerdings soll indessen Ericsson einen bedeutend verbesserten Torpedo construirt haben.

4. Der Whitehead- oder Fisch-Torpedo.**) Im Jahre 1867 wurde der erste von dem österreichischen Capitän Lupis und dem Ingenieur Whitehead in Fiume construirte Fischtorpedo erprobt. Es ist der gegenwärtig entschieden am meisten angewendete Torpedo und steht demselben ohne Zweifel eine Zukunft im Seekriege bevor.

Oesterreich kaufte Whitehead das Geheimniß des Fischtorpedos für 15.000 Pf. St. ab. Auch die meisten anderen größeren Staaten setzen sich durch Ankauf in den Besitz des Fabrikations-Geheimnisses, theils um für einen

*) „Die Torpedos und Seeminen in ihrer historischen Entwickelung bis auf die neueste Zeit." Berlin 1878, S. 67.

**) „Die Torpedos und Seeminen u. s. w." S. 70; Wagner's Jahresbericht 1877, S. 405.

Digitized by Google

relativ niedrigen Preis die Fischtorpedos zu erstehen, theils um dieselben selbst herzustellen. In England, Rußland und Italien sollen schon über 400 Stück dieser Fischtorpedos gefertigt worden sein.

Nordamerika fertigt die Fischtorpedos eigener Construction. Der Preis eines fertigen Whitehead-Torpedos beträgt 7500 Mark. Doch sehen wir uns nunmehr die Einrichtung eines solchen Fischtorpedos an!

Die Torpedos, mit denen man vom Lande aus, oder von Bord eines Schiffes und eines Bootes schießen kann, eine Manipulation, welche man auch Lanciren nennt, sind stählerne Gefäße, welche die Form einer Cigarre haben, die an dem einen Ende nahezu haarscharf zugeht. Der stählerne Körper ist 16—19 Fuß englisch lang und hat einen größten Durchmesser von 14—16 Zoll.

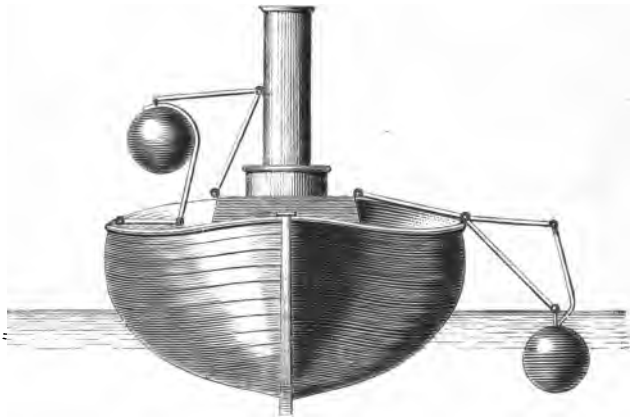
Das Innere des Torpedos besteht aus verschiedenen Abtheilungen. Die vorderste, der »Kopf« (zunächst der scharfen Spitze), enthält in einer Sprengbüchse den Zünder und um diesen herum liegend 25—30 Kilogr. Schießbaumwolle. Die zweite Abtheilung enthält das eigentliche Constructions-Geheimniß des Fabrikanten, das Instrument, welches den Torpedo auf die verschiedenen Wassertiefen einstellt. Es besteht dasselbe aus einem schweren Pendel, dessen horizontal liegende Arme das Gleichgewicht der einzelnen Seiten innezuhalten bestrebt sind. In einer dritten Abtheilung befinden sich Reservoirs für die zum Treiben der Maschine nöthige comprimirte Luft. Die Stahlwände dieser Abtheilung müssen außerordentlich elastisch sein, da sie einen Probedruck von 100 Atmosphären und bei ihrer Verwendung einen dauernden Druck von 60—70 Atmosphären auszuhalten haben. Die Luft wird mittelst einer eigenen Maschine in den Torpedo gepumpt. In einer vierten Abtheilung endlich befindet sich die Maschine, welche die Schraube dreht.

Digitized by Google

Der Fischtorpedo hat zwei Ruder, ein horizontal liegendes, welches das Heben und Senken veranlaßt, und ein senkrecht stehendes gewöhnliches Ruder.

Außen am Körper des Torpedos ist fast nichts zu sehen als eine glatt polirte Stahlfläche, nur oberhalb der Luftkammer ist ein kleiner Drücker zu bemerken und einige Schraubenköpfe zum Ansetzen von Schraubenschlüsseln; einer

Fig 31.



Auslegevorrichtnng für Whitehead-Torpedos.

dieser Schraubenköpfe hat eine Eintheilung in Fuß und wird vor dem Loslassen des Torpedos so gedreht, daß die auf dem Kopfe befindliche Markirung denjenigen Tiefgang ablesen läßt, den man zum Gebrauche vorzusehen wünscht. Wegen des verschiedenen specifischen Gewichtes der verschiedenen Meere stellt ein in der Ostsee sich auf drei Meter Tiefe haltender Torpedo im Atlantischen Ocean etwa nur zwei Meter tief ein.

Zum Lanciren (Abfeuern) der Torpedos bedient man

Digitized by Google

sich eigener Laffeten, welche an Deck oder auch in den Batterien aufgestellt sind, oder eines Rahmenwerkes, welches man in feste Verbindung mit einem Boote bringt (siehe Fig. 31). Im ersten Falle lancirt man den Torpedo mittelst Luftdrucks, im zweiten durch Anlassen der eigenen Maschine.

Man drückt zu diesem Zwecke nur auf den oben erwähnten Drücker, wodurch sich ein Ventil, welches die comprimirte Luft von der Maschine trennt, öffnet. Die Kraft, welche dem Whitehead-Torpedo innewohnt, treibt denselben bei einer mittleren Geschwindigkeit von 12 Seemeilen per Stunde zwei Seemeilen weit. Der in das Wasser geschossene Fischtorpedo stellt sich in kurzer Zeit auf die ihm vorher gegebene Wassertiefe ein und eilt in der angenommenen Richtung trotz Wasserströmungen und Wellenschlag dem feindlichen Schiffe entgegen. Beim Anstoßen des Torpedokopfes an einen festen Widerstand entzündet sich durch einen alsdann zurücktretenden Stift die Zündmasse und hierdurch die ganze Ladung.

Man fängt gegenwärtig damit an, alle größeren Schlachtschiffe, Panzerschiffe und Kreuzer mit einer oder mehreren Fischtorpedo-Kanonen in der Breitseite zu versehen. Namentlich England thut sich hierin hervor und hat dasselbe auch für den Fall einer Mobilmachung jedem größeren Schiffe mehrere Torpedoboote beigegeben. In England werden auch gegenwärtig die großartigsten Versuche mit den Whitehead-Torpedos angestellt. Nachdem vor drei Jahren ein ausrangirtes Kriegsschiff, der »Oberon«,*) diesem Zwecke geopfert wurde, sollte nunmehr nicht die Wirksamkeit der Torpedos, deren zerstörende Wirkung in gehöriger Nähe

*) Dingler's „Polytechn. Journ.", Band 220, S. 93.

Digitized by Google

genügend bekannt ist, versucht werden, sondern die Verläßlichkeit einer eigenthümlichen Sicherheits-Vorrichtung zur Erprobung kommen, deren Wesen darin besteht, daß das Schiff unter Wasser ringsum mit einem Drahtnetze umgeben, das an weit hervorstehenden Stangen getragen wird und jeden Torpedo auf eine Distanz von 9 Meter vom Schiffe entfernt unfehlbar zur unschädlichen Explosion bringen soll. Es ist uns nicht bekannt, ob diese Versuche bereits zur Ausführung gelangten.

Auch in Deutschland werden eifrigst Versuche mit den Fischtorpedos, namentlich auf dem Torpedoschiff »Zieten«, (Whitehead unter Wasser und von Deck) gegenwärtig alljährlich angestellt. Auch ist durch kaiserliche Ordre vom 8. Juli 1879 die Bildung eines Torpedo-Ingenieur-Corps der kaiserlich deutschen Marine bestimmt. Dasselbe soll aus Ingenieuren, Mechaniker-Deckofficieren und Mechaniker-Maaten gebildet werden und hat für den Gebrauch, die Aufbewahrung und Instandhaltung der Torpedos zu sorgen.

Noch zu Anfang dieses Jahrhunderts konnte der französische General Dacres Foulton, der ihm seine Torpedo-Projecte vortrug, erwidern, solche Künste, wie er sie vorhabe, seien wohl für Korsaren, nicht aber für Seeleute passend. Auch späterhin und selbst noch im amerikanischen Bürgerkrieg hielten viele Seeleute die Torpedos und Seeminen für eine verächtliche, feige und tückische Waffe, die sich keinem Seemanne zieme.

Heute denkt man über diesen Punkt in Seemannskreisen völlig anders, und es dürften wohl Diejenigen Unrecht haben, welche in den Torpedos den Untergang der alten seemännischen Kunst und des seemännischen Wesens erblicken.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Erster Theil.

Das Wesen der explosiven Stoffe 4

Das Schießpulver (gemeine Schwarzpulver) (mit Fig. 1–6) 12

Die Bestandtheile des Schießpulvers 17

1. Der Schwefel 17. — 2. Der Kalisalpeter 36. — 3. Die Kohle 61. — Die physikalischen Eigenschaften der Holzarten, soweit sie bei der Fabrikation der Pulverkohle in Betracht kommen 67. — Die Gewinnung der Pulverkohle 75. — Eigenschaften und Prüfung der Pulverkohle 92.

Die Fabrikation des Schießpulvers (mit Fig. 7–14) . . . 97

Die Bereitung des Schießpulvers 107

Die gepreßten Pulversorten 147

Die physikalischen Eigenschaften des Pulvers 153. — Die chemischen Eigenschaften 164.

Als Ersatz des Schießpulvers neuerdings empfohlene explosive Präparate 202

1. Friedr. Volkmann's Patent-Schieß- und Sprengpulver . . 202

2. Das Xanthatpulver 206

Sprengel's neue Explosivstoffe 208

1. Die sauren Explosivstoffe 210. — 2. Die neutralen Explosivstoffe 215.

Die Pikratpulver 217

Die durch Einwirkung concentrirter Salpetersäure auf organische Substanzen entstehenden explosiven Stoffe 221

Die Schießbaumwolle 222

Die Collodiumwolle 254

Einige andere Pyroxylin-Substanzen 262

Anhang zu den Pyroxylin-Substanzen 265

Digitized by Google

Seite

Nitroglycerin (mit Fig. 16) 267

Die Nitroglycerin-Präparate (Dynamite) 306
1. Dynamite mit chemisch unwirksamem Aufsaugestoff . . . 309
2. Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff 323

Das Knallquecksilber 338
Anhang: Die Herstellung der wichtigsten Zündsätze 343

Zweiter Theil.

Die praktischen Anwendungen der explosiven Stoffe.

I. Die Verpackung, Aufbewahrung und der Transport der explosiven Stoffe 350
Verkehr mit Sprengstoffen 361

II. Die Sprengtechnik (mit Fig. 17—28) 365
1. Die Bohrmaschinen 366
2. Die Zündmittel 370
3. Die explosiven Stoffe in der Sprengtechnik 383
Die Minenwirkung der explosiven Stoffe 385.
Ladungstabelle A, B, C, D 400
Ladungstabelle E, F 401
Ladungstabelle G . . . . . 402—403
Gewicht bei Ladehöhen von 1 Meter 404

Anhang.

Die submarine Sprengtechnik oder die Torpedos und Seeminen (mit Fig. 29—31) 411

Digitized by Google

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die Alkalien

Ein Handbuch

für Fabrikanten von Glas, Zündwaaren, Schießpulver, überhaupt von chemischen Producten, für Apotheker und Droguisten.

Darstellung der Fabrikation der gebräuchlichsten Kali- und Natron-Verbindungen, der Soda, Potasche, des Salzes, Salpeters, Glauberſalzes, Wasserglases, Chromkalis, Blutlaugensalzes, Weinsteins, Laugensteins u. s. f., deren Anwendung und Prüfung.

Von

Dr. H. Vick

Fabrikant chemischer Producte.

Mit 24 Abbildungen.

21 Bogen. 8. Eleg. geh. Preis 2 fl. 50 kr. ö. W. = 4 M. 50 Pf.

Das vorliegende Werk behandelt eine Gruppe chemischer Producte, welcher an Bedeutung für die gesammte Industrie und, da sich darunter auch die Salpeter-Fabrikation befindet, für die Explosivstoff-Erzeugung keine andere gleichkommt. Sie steht nicht nur hinsichtlich der Größe der Production an der Spitze der ganzen chemischen Industrie, sondern wird auch, was die Anwendung anbelangt, an Verbreitung nicht übertroffen. So allgemein ist diese, daß man schwerlich irgend einen Industriezweig oder ein Gewerbe finden möchte, in welchem nicht eines oder das andere der hierher gehörenden Producte Verwendung fände. Aus diesem Grunde und bei dem Umstande, daß keine andere Waarengattung zur Feststellung der Qualität so sehr der chemischen Untersuchung bedarf, wie die in Rede stehende, wird diesem Punkte im vorliegenden Werke specielle Aufmerksamkeit gewidmet und dabei besonders auf diejenigen Consumenten Rücksicht genommen, welche den analytischen Arbeiten sonst ferner stehen. Es finden aber auch, bei der Beschreibung der Fabrikation selbst, die großen Fortschritte, welche in den letzten Jahren auf diesem Gebiete in so bedeutendem Maße gemacht wurden, ausgedehnte Würdigung, zumal da die Herstellung dieser Producte nicht ausschließlich Sache der chemischen Großindustrie, sondern auch eigener kleinerer Fabrikationszweige ist.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Digitized by Google

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE STAMPED BELOW

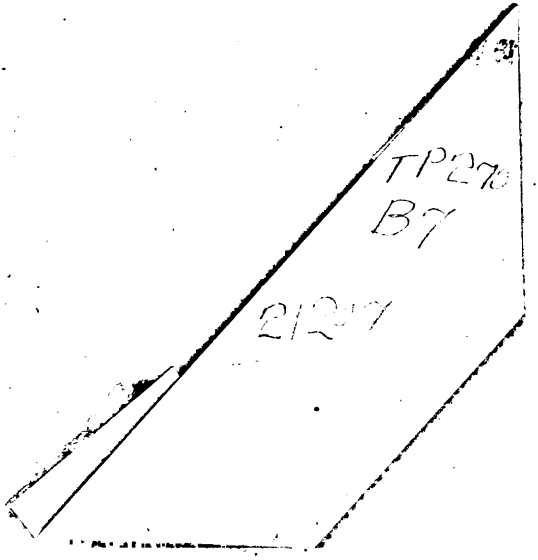
AN INITIAL FINE OF 25 CENTS
WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH DAY AND TO $1.00 ON THE SEVENTH DAY OVERDUE.

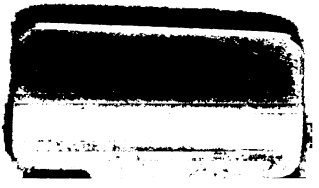
MAR 16 1940
MAR 17 1939
24Nov'48WM
18Apr'63AC
REC'D LD
APR 18 1963

Digitized by Google

LD 21-100m-7,'39(402s)

YB 15423





Digitized by Google

Digitized by Google